Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada

Directives sur les réaménagements énergétiques majeurs

Bâtiments commerciaux et institutionnels

HÔPITAUX

Canada

Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada

Directives sur les réaménagements énergétiques majeurs

Bâtiments commerciaux et institutionnels

HÔPITAUX

Canada

Also available in English under the title: Major Energy Retrofit Guidelines – Hospitals Module

Pour obtenir des renseignements sur les droits de reproduction, veuillez communiquer avec Ressources naturelles Canada à nrcan.copyrightdroitdauteur.rncan@canada.ca

Ce rapport est disponible en ligne à l'adresse suivante :
rncan.gc.ca/energie/efficacite/batiments/eebe/renovation/4112

N° de cat. M144-268/2-2018F-PDF
ISSN 978-0-660-24752-6

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada,
représentée par le ministre des Ressources naturelles, 2018

Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada
Engager les Canadiens sur la voie de l'efficacité énergétique à la maison, au travail et sur la route

REMERCIEMENTS

Ces directives sont une adaptation du document *ENERGY STAR Building Upgrade Manual* de l'Environmental Protection Agency des États-Unis. Ressources naturelles Canada remercie sincèrement tous ceux et celles qui ont contribué à l'élaboration de ces documents.

AVERTISSEMENT

Sa Majesté n'est pas responsable de l'exactitude et de l'intégrité des renseignements contenus dans le matériel reproduit. Sa Majesté doit en tout temps être indemnisée et tenue exempte du paiement de toute réclamation qui découle de la négligence ou d'un autre manquement dans l'utilisation des renseignements contenus dans cette publication ou dans ce produit.

TABLE DES MATIÈRES

POSSIBILITÉS DE RÉAMÉNAGEMENTS ÉNERGÉTIQUES DANS LES HÔPITAUX 1

Aperçu des hôpitaux 1
- Appel à l'action 1
- Possibilités et défis 2
- Profil de la consommation d'énergie 5

Organisation des mesures du projet 7

Commissioning des bâtiments existants 7

Améliorations de l'éclairage 17
- Exigences des hôpitaux en matière d'éclairage 18
- Réaménagements par remplacement direct 19
- Réaménagements par nouvelle conception 20

Réduction des charges supplémentaires 26
- Charges électriques et équipement 26
- Enveloppe 31

Amélioration des systèmes de distribution de l'air 41
- Réaménagements 41

Redimensionnement et remplacement des systèmes de chauffage et de refroidissement 50
- Systèmes de chauffage centraux 51
- Systèmes de refroidissement centraux 61
- Unités de toit 67
- Eau chaude domestique 72

UNIVERSITY HEALTH NETWORK : UNE ÉTUDE DE CAS 78

MON INSTALLATION 88

Figures

Figure 1. Consommation d'énergie commerciale et institutionnelle par sous-secteur 2
Figure 2. Consommation d'énergie par source d'énergie 5
Figure 3. Consommation d'énergie par utilisation finale 5
Figure 4. Distribution de l'intensité énergétique du site pour un échantillon d'hôpitaux canadiens 6
Figure 5. Isolation des conduits 15
Figure 6. Incidence énergétique de la température de l'eau du condensateur .. 16
Figure 7. Sources lumineuses multiples dans une chambre de patient 23
Figure 8. Éclairage naturel des hôpitaux 24
Figure 9. Niveaux d'efficacité des appareils standards par rapport aux appareils écoénergétiques de la NEMA. 29
Figure 10. Transfert thermique par l'enveloppe du bâtiment 32
Figure 11. Imagerie infrarouge montrant une fuite autour d'une fenêtre 33
Figure 12. Caractéristiques d'une fenêtre écoénergétique 38
Figure 13. Rendement thermique des gaz de remplissage 39
Figure 14. Contrôle de la ventilation selon la demande dans une cuisine commerciale 44
Figure 15. Chauffage par poutres froides 49
Figure 16. Entraînements à vitesse variable 54
Figure 17. Chaudière à condensation 55
Figure 18. Température de l'eau de retour et incidence sur l'efficacité de la chaudière 56
Figure 19. Schéma d'un système de production combinée de chaleur et d'électricité 57
Figure 20. Centrale de refroidissement 61
Figure 21. Configuration type d'une unité de toit. 68
Figure 22. Récupération de la chaleur du condensateur 73
Figure 23. Échangeur de chaleur à plaque pour la récupération de chaleur 74
Figure 24. Capteurs plats 75
Figure 25. Capteurs à tube sous vide 75
Figure 26. Éclairage de garage avant et après les réaménagements DEL 82
Figure 27. Operation TLC – Cibles d'économies d'énergie aux installations du TRI 85
Figure 28. Operation TLC – Cibles d'économies d'énergie aux installations de l'UHN 85
Figure 29. Interprétation de la cote ENERGY STAR. 90

Tableaux

Tableau 1. Recommandations en matière d'éclairement dans les établissements de soins de santé 21
Tableau 2. Qualités de l'éclairage dans les hôpitaux 22
Tableau 3. Équipement de cuisine et économies d'énergie 28
Tableau 4. Cotes d'efficacité de chaudières à gaz 52
Tableau 5. Évolution des normes d'efficacité des unités de toit 69

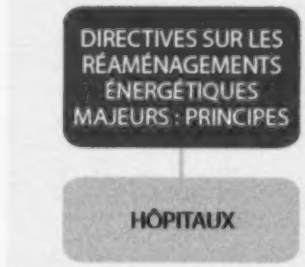
POSSIBILITÉS DE RÉAMÉNAGEMENTS ÉNERGÉTIQUES DANS LES HÔPITAUX

PARTIE 1

Le Module sur les hôpitaux complète l'approche de réaménagements énergétiques éprouvée décrite dans le Module sur les principes. Dans ce module, qui devrait être considéré comme un document d'accompagnement du Module sur les principes, il est question des stratégies, des priorités et des possibilités propres aux hôpitaux.

Le Module sur les hôpitaux comprend trois parties :

1) **Possibilités de réaménagements énergétiques dans les hôpitaux :** Cette partie fournit un aperçu des hôpitaux canadiens. Les sous-sections présentent de l'information de base sur chaque phase de réaménagement et sur les principales mesures de réaménagement, surtout dans les petits et les moyens hôpitaux.
2) **Étude de cas :** L'étude de cas présente un projet de réaménagement énergétique majeur réussi.
3) **Mon installation :** Cette section comporte un questionnaire sur les possibilités d'efficacité énergétique pour vous aider à définir les possibilités qui s'appliquent à votre installation.



Les hôpitaux comprennent les installations qui fournissent des services de soins actifs pour traiter les patients souffrant de troubles médicaux graves, mais nécessitant des soins de courte durée, par exemple les soins médicaux d'urgence, les services de médecins, les services de diagnostique, les soins ambulatoires et les soins chirurgicaux. Les hôpitaux de soins actifs donnent généralement congé aux patients dès que leur état de santé est jugé stable. Les établissements de soins de longue durée ne sont pas considérés comme étant des hôpitaux.

Aperçu des hôpitaux

Appel à l'action

Les bâtiments commerciaux et institutionnels représentent environ un huitième de la consommation d'énergie au Canada[1]. Au cours des 20 prochaines années, le parc de bâtiments commerciaux devrait connaître une expansion de plus de 60 %, et on s'attend à ce que 40 % des bâtiments existants soient réaménagés[2].

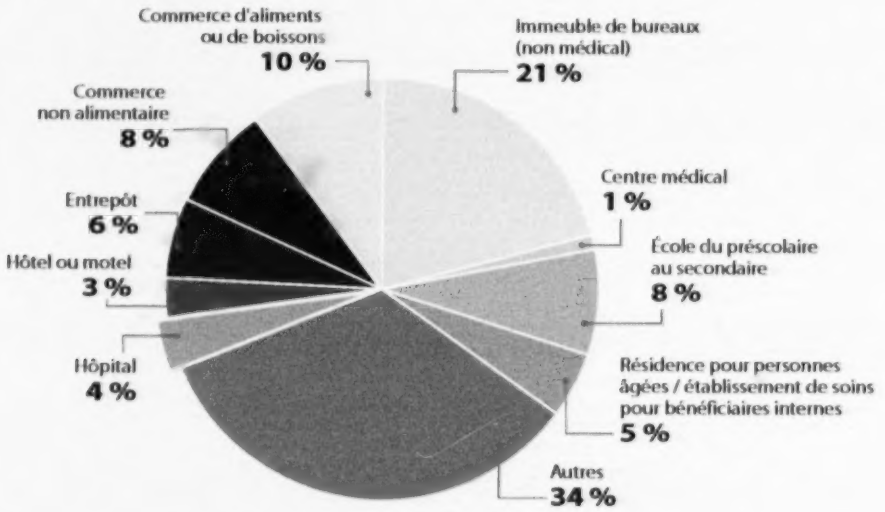
La figure 1 montre qu'au sein du secteur commercial et institutionnel, les hôpitaux sont un important sous-secteur sur le plan de la consommation d'énergie, représentant 4 % de celle-ci.

[1] Ressources naturelles Canada. 2013. *Guide de données sur la consommation d'énergie, 1990-2010.*

[2] Commission de coopération environnementale. 2008. *Scénarios énergétiques liés au bâtiment écologique d'ici 2030.*

PARTIE 1

Figure 1. Consommation d'énergie commerciale et institutionnelle par sous-secteur



Source des données : Ressources naturelles Canada. 2012. *Enquête sur l'utilisation commerciale et institutionnelle d'énergie – Bâtiments 2009 : Rapport statistique détaillé*

Vous devez définir les éléments déclencheurs des réaménagements majeurs uniques à votre installation afin d'optimiser le calendrier de vos projets et d'incorporer l'efficacité énergétique dans votre plan d'immobilisations. Pour en savoir plus, consultez la section 2 du Module sur les principes.

Vous devriez aussi envisager de satisfaire, ou idéalement de surpasser, les exigences de rendement minimales énoncées dans la plus récente version du *Code national de l'énergie pour les bâtiments* – Canada (CNÉB).

Les centres hospitaliers sont souvent de grandes installations et, par conséquent, de grands consommateurs d'énergie. En fait, les hôpitaux ont une intensité énergétique (IE) plus élevée que tout autre type d'installation dans le secteur commercial et institutionnel, à l'exception des commerces d'aliments et de boissons. Étant donné que le parc de bâtiments prend de l'âge, il existe une immense possibilité de procéder à des réaménagements énergétiques majeurs, qui permettront d'améliorer le rendement énergétique et la qualité de l'air des centres hospitaliers du pays, ce qui améliorera le bien-être des patients et du personnel.

Par la mise en œuvre d'une stratégie éprouvée de réaménagements énergétiques majeurs, qui commence par l'analyse comparative à l'aide d'ENERGY STAR Portfolio Manager, vous pouvez avoir un effet positif sur les résultats liés à vos bâtiments.

Possibilités et défis

Les avantages financiers découlant de bâtiments plus écoénergétiques sont très bien connus. L'énergie est une dépense contrôlable et une des rares dépenses pouvant être diminuées sans avoir d'incidence négative sur vos activités. Bon nombre d'organisations ont investi dans l'efficacité énergétique pour réduire les coûts énergétiques, améliorer le rendement de leurs bâtiments, démontrer leur engagement envers la durabilité et améliorer l'environnement où évoluent leurs employés et leurs patients.

PARTIE 1

Il existe de nombreuses raisons pour lesquelles vous pouvez vouloir lancer un projet de réaménagements énergétiques majeurs à votre installation. Des biens d'équipements majeurs ou l'infrastructure des bâtiments, par exemple les systèmes de chaudières ou de refroidisseurs, peuvent approcher de leur fin de vie utile. Vous pouvez être aux prises avec des problèmes liés au contrôle de l'équipement (p. ex., augmentation des plaintes provenant des occupants), ou avec un équipement défectueux dû à un entretien reporté. Des changements majeurs ayant trait à la manière dont les espaces sont utilisés peuvent aussi déclencher des réaménagements énergétiques. Peu importe l'événement ou l'élément déclencheur, il existe plusieurs possibilités et de défis communs aux centres hospitaliers au moment de procéder à des réaménagements énergétiques majeurs.

Possibilités

Les économies d'énergie figurent parmi les principaux avantages d'un projet de réaménagement énergétique majeur. Les économies d'énergie découlant d'une efficacité opérationnelle améliorée entraînent une diminution des coûts d'exploitation et permettent d'allouer les fonds aux services médicaux de base, par exemple la dotation, l'équipement et les services aux patients. Une consommation d'énergie diminuée a également pour effet de limiter votre vulnérabilité aux fluctuations des prix de l'énergie, en plus de réduire vos émissions de gaz à effet de serre.

Outre les économies d'énergie, un avantage remarquable des réaménagements énergétiques majeurs est l'amélioration de l'environnement intérieur. Les hôpitaux peuvent réduire leurs coûts énergétiques tout en maintenant ou même en améliorant les soins aux patients ainsi que la santé et la productivité des employés. Ces réaménagements impliquent généralement des améliorations aux systèmes d'éclairage et de CVCA; le fait d'améliorer ces systèmes peut souvent aboutir à un contrôle plus précis de l'environnement intérieur et à un environnement de soins amélioré.

Enfin, l'analyse comparative du rendement énergétique de votre bâtiment présente une possibilité en soi. En effectuant une analyse comparative au début d'un processus de réaménagement, et à nouveau durant les phases d'améliorations, vous pourrez mesurer les améliorations relatives, justifier les dépenses et établir une nouvelle base de référence pour vous aider à surveiller le rendement futur.

1 PARTIE

La ventilation et la qualité de l'air intérieur (QAI) jouent un rôle important sur le plan de la prévention de la propagation des infections dans les hôpitaux. La qualité de l'air intérieur doit être considérée comme étant la plus haute priorité au moment de procéder à des réaménagements énergétiques qui auront une incidence sur les systèmes de distribution de l'air, qui peuvent présenter des difficultés uniques.

Le manque de données sur la consommation d'énergie peut être une difficulté pour les hôpitaux possédant de multiples bâtiments. Dans certains cas, la consommation d'électricité et de gaz naturel ne peut pas être relevée au niveau du bâtiment; elle est plutôt relevée en vrac, c'est-à-dire pour l'ensemble du complexe hospitalier. De plus, la consommation de vapeur, d'eau chaude et d'eau refroidie produites par un système central pour l'ensemble des bâtiments ne peut pas être relevée au niveau de l'installation. Puisque la mesure de la consommation d'énergie est une première étape importante sur le plan de la gestion de l'énergie, vous devriez considérer d'ajouter des compteurs aux endroits appropriés. Au minimum, vous devriez pouvoir relever la consommation d'électricité, de gaz naturel, de vapeur, d'eau chaude et d'eau refroidie au niveau du bâtiment.

Défis

Un sondage mené en 2005 auprès de 69 hôpitaux publics ontariens a examiné les obstacles liés à la réalisation d'initiatives de conservation de l'énergie[3]. Plus de la moitié des répondants ont cité deux obstacles :

- Manque de ressources en personnel (59 %)
- Manque de fonds internes disponibles (55 %)

Dans certains cas, la première difficulté est prise en charge grâce au soutien des services publics ou du gouvernement. Par exemple, en Ontario, des services d'efficacité énergétique sont offerts sans frais au moyen de l'initiative HealthCare Energy Leaders Ontario (HELO) pour aider les gestionnaires des installations à mettre en place des projets d'efficacité énergétique et à obtenir des incitatifs financiers. Cette initiative est dirigée par la Coalition canadienne pour un système de santé écologique et la Société canadienne d'ingénierie des services de santé et financée par la Société indépendante d'exploitation du réseau d'électricité de l'Ontario[4].

Les stratégies permettant de surmonter la difficulté liée à la disponibilité du financement varieront selon l'installation et la province ou le territoire, mais les gestionnaires des installations et les administrateurs des hôpitaux reconnaissent de plus en plus l'importance de l'efficacité énergétique comme outil pour aborder les incidences des limites du financement sur les activités dans l'ensemble sans compromettre les soins aux patients.

Le calendrier des réaménagements présente des difficultés uniques dans les bâtiments hospitaliers occupés par les patients. En plus d'évaluer les éléments déclencheurs des réaménagements majeurs, par exemple les calendriers de remplacement des équipements, les administrateurs et les gestionnaires de propriétés doivent considérer la perturbation des soins aux patients et du fonctionnement des installations. Selon les activités de réaménagement et l'espace touché, des mesures telles que le contrôle de la poussière, l'enlèvement des patients ou l'utilisation des antichambres pressurisées négativement peuvent être requises.

[3] Association des hôpitaux de l'Ontario en collaboration avec l'Ontario Power Authority et Sure Solutions. 2006. *Energy Efficiency Opportunities in Ontario Hospitals*.

[4] greenhealthcare.ca/Ontario-energy/ (en anglais seulement)

PARTIE 1

Profil de la consommation d'énergie

Lorsque vous planifiez un projet de réaménagement majeur, vous devez considérer le profil de la consommation d'énergie d'un hôpital canadien type. Même si les profils de consommation d'énergie particuliers varieront selon le type de services fournis sur le site, l'exemple ci-dessous peut servir à donner une indication générale de votre consommation d'énergie.

Figure 2. Consommation d'énergie par source d'énergie

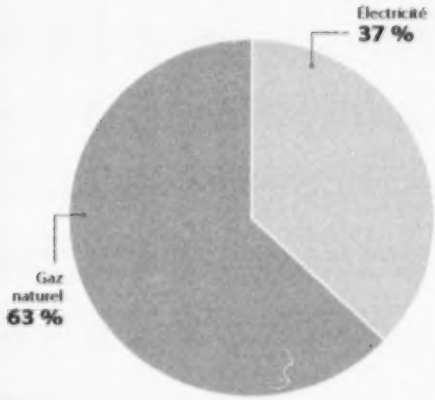
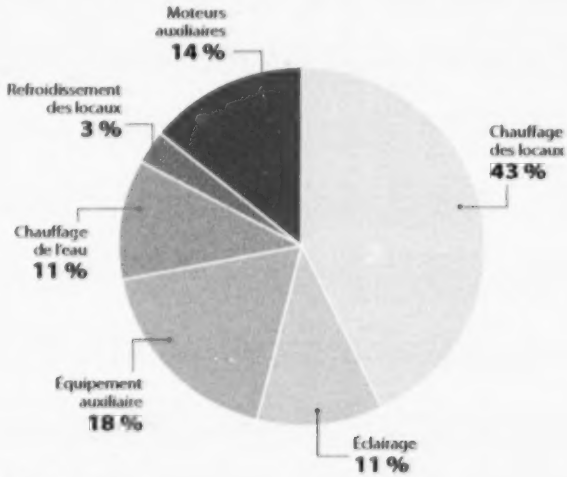


Figure 3. Consommation d'énergie par utilisation finale



Données sur l'utilisation finale pour un hôpital type situé à l'intérieur des terres en Colombie-Britannique, où les conditions climatiques sont similaires à d'autres régions métropolitaines du Canada.

Source des données : FortisBC

La figure 2 montre la répartition de la consommation d'énergie par source d'énergie. Dans cet exemple, le gaz naturel répond approximativement aux deux tiers des besoins énergétiques de l'installation. La figure 3 montre la répartition de la consommation par utilisation finale. Le chauffage des locaux est la principale utilisation finale, suivi par l'équipement auxiliaire (p. ex. équipement informatique, équipement médical et équipement pour le service alimentaire) et les moteurs auxiliaires (p. ex. ventilateurs et pompes).

L'intensité énergétique (IE) des hôpitaux peut varier considérablement et est influencée par les conditions météorologiques et les caractéristiques opérationnelles particulières des installations, par exemple la densité de personnel et de lits de patients, la présence d'une buanderie et d'une cuisine sur place, l'espace consacré aux laboratoires et le pourcentage de la superficie qui est chauffée et refroidie.

PARTIE 1

Pour de nombreux types de bâtiments commerciaux et institutionnels, dont les hôpitaux, ENERGY STAR Portfolio Manager attribue une cote ENERGY STAR sur une échelle de rendement énergétique de 1 à 100, par rapport aux bâtiments similaires.

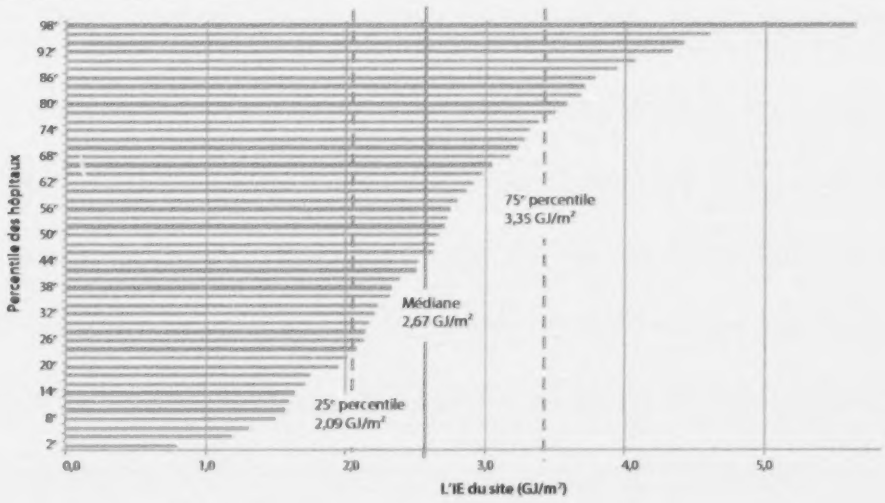
Une cote ENERGY STAR fournit un aperçu du rendement énergétique de votre bâtiment. Elle n'explique pas en soi pourquoi un bâtiment obtient un tel ou tel rendement, ou comment modifier le rendement du bâtiment. Cependant, elle vous aide à évaluer le rendement du ou des bâtiment(s) de votre portefeuille et à déterminer lesquels offrent les meilleures possibilités d'amélioration.

La cote ENERGY STAR s'applique à un complexe hospitalier complet, qu'il s'agisse d'un bâtiment unique ou d'un ensemble de bâtiments.

Remarque : 1 gigajoule (GJ) équivaut à 278 kilowattheures éuivalents (kWh éq.), ou le contenu énergétique d'environ 27 mètres cubes (m^3) de gaz naturel.

La figure 4 présente la distribution générale de l'IE normalisée d'un échantillon d'hôpitaux canadiens.

Figure 4. Distribution de l'intensité énergétique du site pour un échantillon d'hôpitaux canadiens



Source : ENERGY STAR Portfolio Manager, 2016.

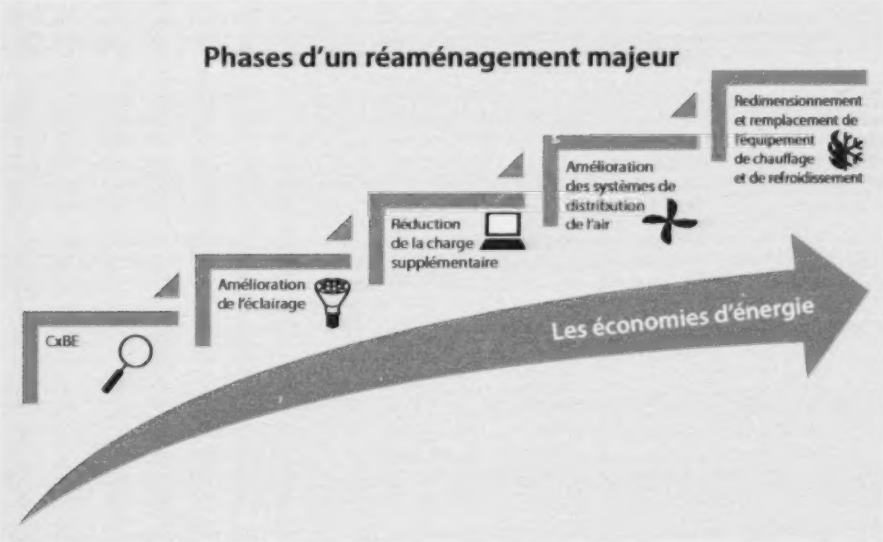
La ligne verticale solide montre que l'IE médiane du site pour les hôpitaux entrés dans ENERGY STAR Portfolio Manager est de 2,67 GJ/m^2 (68,90 kWh éq/pi. ca.). Les hôpitaux situés dans le 25e percentile de cet ensemble de données ont des IE inférieures à 2,09 GJ/m^2 (53,94 kWh éq/pi. ca.), et ceux qui sont situés au-delà du 75e percentile ont des IE supérieures à 3,35 GJ/m^2 (86,45 kWh éq/pi. ca.). L'IE médiane nationale selon l'*Enquête sur l'utilisation commerciale et institutionnelle d'énergie* de 2009 est de 2,4 GJ/m^2 (61,9 kWh éq/pi. ca.).

Les gestionnaires des centres hospitaliers sont encouragés à effectuer l'analyse comparative de leur rendement énergétique ainsi que leur suivi à l'aide d'ENERGY STAR Portfolio Manager, l'outil d'analyse comparative de l'énergie le plus complet et le seul outil normalisé au Canada. L'analyse comparative vous permet de comparer votre consommation d'énergie courante par rapport au rendement passé ainsi que par rapport à des installations similaires. Les résultats fournissent une excellente base pour mesurer l'incidence des réaménagements en matière de consommation d'énergie et d'eau et sont un puissant facteur de motivation pour prendre des mesures afin d'améliorer le rendement énergétique de votre bâtiment.

PARTIE 1

Organisation des mesures du projet

Comme il en a été question dans le Module sur les principes, la réalisation de réaménagements majeurs selon une approche par phases est la manière la plus efficace d'améliorer le rendement énergétique de votre installation.



Chaque phase comprend des améliorations qui influeront le choix des mesures effectués aux phases suivantes. Cette approche assurera les plus importantes économies d'énergie et de coûts possibles.

Commissioning des bâtiments existants

Le commissioning est une activité de premier ordre pour améliorer le rendement énergétique d'un bâtiment existant. Compte tenu de leurs systèmes de chauffage et de refroidissement qui fonctionnent 12 mois par année et de leurs systèmes de ventilation conçus selon des taux de renouvellement d'air élevés, les hôpitaux consomment beaucoup d'énergie. Cela signifie que la possibilité de faire des économies dans le cadre du commissioning des bâtiments existants (CxBE) est plus importante dans les hôpitaux que dans d'autres sous-secteurs; en effet, dans certains cas, les économies d'énergie peuvent être supérieures à 40 %[5].

Pour en savoir plus sur le commissioning des bâtiments existants, consultez le *Guide de recommissioning pour les propriétaires et les gestionnaires de bâtiments*. Vous y apprendrez comment réduire vos dépenses et augmenter votre revenu grâce à un fonctionnement amélioré des bâtiments.

[5] Korzukhin et autres. « Hospital Retrocommissioning ». *ASHRAE Journal*, mai 2010.

PARTIE 1

Les économies issues d'un processus de commissioning sont réalisées en améliorant le fonctionnement des bâtiments et en restructurant les procédures d'entretien. Le *Guide de recommissioning pour les propriétaires et les gestionnaires de bâtiments*[6] de Ressources naturelles Canada (RNCan) vous montre comment réduire vos dépenses et accroître votre revenu grâce à un fonctionnement amélioré des bâtiments.

À la section 1 du Module sur les principes, nous avons expliqué les quatre phases d'un programme de CxBE : évaluation, examen, mise en œuvre et transfert.

Durant les phases d'évaluation et d'examen, une étude détaillée des systèmes existants est effectuée, y compris la documentation de la configuration et de la séquence des opérations. Il en résulte une meilleure connaissance des opérations ainsi qu'une liste de mesures permettant de corriger les défaillances.

Durant la phase de mise en œuvre, les défaillances sont corrigées, et les possibilités d'économies définies lors des phases d'évaluation et d'examen peuvent être mises en œuvre. La philosophie générale du travail réalisé à cette étape consiste à s'assurer que tous les systèmes, équipements et contrôles du bâtiment sont adéquatement configurés et pleinement opérationnels.

Les mesures énumérées ci-dessous représentent quelques améliorations types apportées grâce à un processus de CxBE. Il est important que toute mesure soit effectuée avec son propre processus de commissioning afin d'assurer l'optimisation des réaménagements effectués aux systèmes[7].

[6] *Optimisation de l'opération des bâtiments : Guide de recommissioning pour les propriétaires et les gestionnaires de bâtiments*. rncan.gc.ca/energie/efficacite/batiments/recherche/optimisation/recommissioning/3796.

[7] La norme Z320-11 de l'Association canadienne de normalisation fournit des lignes directrices concernant le commissioning des bâtiments et de tous les systèmes connexes. Elle a été élaborée pour traiter les bâtiments et leurs systèmes majeurs comme un tout, plutôt que comme des composants individuels ou indépendants. Elle peut être appliquée à une nouvelle construction ainsi qu'aux rénovations effectuées à des installations ou des bâtiments existants : shop.csa.ca/fr/canada/systemes-de-construction/z320-f11-/invt/27032582011. De plus, la norme Z8001-13 fournit des lignes directrices concernant le commissioning des établissements de soins de santé : shop.csa.ca/fr/canada/health-care-facility-engineering/cancsa-z8001-13/invt/27000522013.

PARTIE 1

Liste des mesures de CxBE

- ✓ Confirmer que l'horaire d'exploitation du système de traitement de l'air correspond à l'occupation du bâtiment
- ✓ Employer une remise du point de consigne de la température durant les heures d'inoccupation
- ✓ Fermer les registres d'air extérieur lors du réchauffement matinal durant la saison de chauffage
- ✓ Effectuer une purge matinale durant la saison de refroidissement lorsque les conditions le permettent
- ✓ Activer un contrôle d'optimisation des heures d'opération
- ✓ Confirmer la correspondance de l'horaire de contrôle de l'éclairage
- ✓ Vérifier le fonctionnement du système de refroidissement naturel (côté air)
- ✓ Vérifier le fonctionnement du système de refroidissement naturel (côté eau)
- ✓ Utiliser une réinitialisation de la pression statique
- ✓ Corriger le fonctionnement des registres d'air
- ✓ Abaisser les points de consigne minimaux des boîtes de débit d'air variable
- ✓ Calibrer les capteurs du système de contrôle automatique de bâtiment
- ✓ Calibrer le système de ventilation des salles d'opération en fonction des modes d'occupation et d'inoccupation
- ✓ Corriger l'utilisation excessive du chauffage et du refroidissement simultanés
- ✓ Vérifier les purgeurs de vapeur
- ✓ S'assurer que l'équipement de cuisine est éteint en dehors des heures d'exploitation
- ✓ Réparer l'isolation endommagée des conduits ou remplacer celle qui est manquante
- ✓ Enchaîner les chaudières au moyen de contrôles
- ✓ Réinitialiser le point de consigne de l'eau des chaudières
- ✓ Enchaîner les refroidisseurs au moyen de contrôles
- ✓ Réinitialiser le point de consigne de l'eau refroidie
- ✓ Réinitialiser le point de consigne de l'eau du condensateur
- ✓ Tirer pleinement profit des tours de refroidissement disponibles
- ✓ Optimiser la purge de la chaudière et le contrôle de l'air de combustion

PARTIE 1

Les six mesures qui suivent s'appliquent à l'équipement utilisé dans les aires administratives, les aires réservées à la consultation externe et les autres aires de l'hôpital utilisées le jour. Elles ne **s'appliquent pas** aux aires réservées aux soins des patients.

- **Confirmer que l'horaire d'exploitation du système de traitement de l'air correspond à l'occupation du bâtiment :** Lorsque de l'équipement fonctionne plus longtemps que nécessaire, des pertes d'énergie s'ensuivent. Bien souvent, les horaires d'exploitation des équipements sont temporairement étendus, pour être ensuite oubliés. Même si, en grande partie, l'hôpital a un taux d'occupation de 24 heures par jour, sept jours sur sept pour ce qui est des soins aux patients, certaines aires sont occupées seulement durant le jour, et la fermeture du système de ventilation peut être programmée durant les périodes inoccupées. Vérifiez les horaires d'exploitation des équipements relativement aux contrôles des bâtiments pour vous assurer qu'ils correspondent le plus possible à l'occupation.

- **Employer une remise du point de consigne de la température durant les heures d'inoccupation :** Un des moyens les plus rentables de réduire la consommation d'énergie est de changer le point de consigne pour la température du bâtiment lorsque certaines aires sont inoccupées, c'est-à-dire en laissant le thermostat descendre plus bas que le point de consigne pour la période d'occupation durant la saison de chauffage, et monter plus haut que celui-ci durant la saison de refroidissement. Une remise des points de consigne de température se situe généralement de 2 à 5 °C; cependant, les niveaux réellement appropriés de ces températures dépendent du temps de rétablissement de l'équipement de CVCA de votre installation, c'est-à-dire le temps qu'il faut pour rétablir la température à un niveau confortable avant l'arrivée des occupants. Vérifiez le point de consigne du chauffage et celui du refroidissement durant les heures d'inoccupation et assurer qu'elles sont activées.

- **Fermer les registres d'air extérieur lors du réchauffement matinal durant la saison de chauffage :** Lorsque le réchauffement du bâtiment s'effectue avant l'arrivée des occupants, assurez-vous que les registres d'air extérieur sont complètement fermés. Ce geste permet d'économiser de l'énergie en chauffant l'air recirculé plutôt que l'air extérieur, plus froid.

- **Effectuer une purge matinale durant la saison de refroidissement lorsque les conditions le permettent :** Durant la saison de refroidissement, refroidissez le bâtiment au préalable avec de l'air extérieur à 100 % (lorsque les conditions le permettent) avant de démarrer le système de refroidissement mécanique. C'est le rôle du contrôleur, qui capte les conditions acceptables de l'air extérieur et achemine un signal prioritaire au registre d'air extérieur ou de l'économiseur pour activer l'ouverture complète. Durant ce mode opérationnel, la récupération de chaleur doit être désactivée pour tirer profit de ce refroidissement naturel.

PARTIE 1

- **Activer un contrôle d'optimisation des heures d'opération :** Bon nombre de systèmes à commande numérique directe (CND) sont dotés d'un contrôle d'optimisation du démarrage qui, lorsque'il est activé, permet de réduire la consommation d'énergie en démarrant le système de CVCA du bâtiment afin que le point de consigne pour les périodes d'occupation soit atteint juste avant l'arrivée des occupants.

- **Confirmer la correspondance de l'horaire de contrôle de l'éclairage :** Confirmez que l'horaire de contrôle de l'éclairage correspond à l'occupation réelle. Les contrôles devraient généralement être configurés de façon à éteindre l'éclairage intérieur à un moment défini, mais pas à l'allumer automatiquement; le personnel doit allumer les lumières lorsqu'il arrive le matin.

Les autres mesures s'appliquent à l'équipement dont on se sert dans la majorité des aires de l'hôpital.

- **Vérifier le fonctionnement du système de refroidissement naturel (côté air) :** En mode de refroidissement naturel, l'économiseur et les registres d'air extérieur d'un bâtiment sont complètement ouverts pour faire entrer une quantité maximale d'air extérieur plus sec et plus frais. Les stratégies pour contrôler la possibilité de refroidissement naturel comprennent, entre autres, l'enthalpie fixe, l'enthalpie différentielle et le thermomètre sec différentiel.

  L'entretien des économiseurs est fréquemment négligé et même oublié dans maints appareils de traitement de l'air. Une étude préparée par le New Buildings Institute en 2004 a révélé que 64 % des économiseurs cessaient de fonctionner en raison de registres et d'actionneurs brisés ou grippés, de capteurs défectueux ou de contrôles incorrects[8].

  Un économiseur qui n'est pas contrôlé correctement peut passer inaperçu, parce que le refroidissement mécanique compensera pour maintenir la température de sortie au point de consigne. Cela peut comprendre des périodes de temps au cours desquelles une quantité insuffisante ou excessive d'air extérieur est introduite par un appareil de traitement de l'air. Le fait de ne pas corriger ou du moins atténuer cette situation provoquera vraisemblablement une consommation d'énergie accrue attribuable au fonctionnement du ventilateur, au refroidissement et au chauffage.

  L'incidence d'un économiseur défectueux est importante. Par exemple, toutes zones climatiques canadiennes confondues, une étude récente a révélé que les économies d'énergie annuelles moyennes pouvant être réalisées au moyen du refroidissement naturel dans un bâtiment de 5 000 m^2 correspondent à environ 19 000 kWh[9].

[8] New Buildings Institute. *Review of Recent Commercial Roof Top Unit Field Studies in the Pacific Northwest and California*, 8 octobre 2004. newbuildings.org/sites/default/files/NWPCC_SmallHVAC_Report_R3_.pdf (en anglais seulement).

[9] Taylor, S., et C. Cheng. « Why Enthalpy Economizers Don't Work ». *ASHRAE Journal*, novembre 2010. nxtbook.com/nxtbooks/ashrae/ashraejournal_201011/index.php?startid=79#/14 (en anglais seulement).

PARTIE 1

- **Vérifier le fonctionnement du système de refroidissement naturel (côté eau) :** Le refroidissement naturel fonctionne selon le principe qu'en présence de conditions météorologiques fraîches, particulièrement la nuit pour les installations qui sont en activité 24 heures sur 24, l'eau de refroidissement peut être produite par la tour de refroidissement à elle seule, contournant complètement le refroidisseur à consommation d'énergie intensive. Le refroidissement naturel réduit ou élimine la quantité d'énergie consommée par le refroidisseur tout en respectant efficacement les exigences en matière de température et d'humidité. Ce procédé peut aussi offrir un niveau additionnel de redondance en fournissant pour une partie de l'année une solution de refroidissement ne fonctionnant pas à l'aide d'un compresseur.

  Les problèmes avec les économiseurs à l'eau peuvent passer inaperçus, parce que le système de refroidissement mécanique compensera pour maintenir le point de consigne de l'eau refroidie. L'optimisation des possibilités de refroidissement naturel permettra donc de réduire la consommation d'énergie par le refroidisseur.

- **Utiliser une réinitialisation de la pression statique :** Les systèmes de ventilateurs d'alimentation à débit d'air variable (DAV) sont souvent contrôlés de façon à maintenir la pression statique dans les conduits à un point de consigne unique. Une stratégie plus efficace, et qui est exigée par la norme 90.1-2013 d'ASHRAE, consiste à utiliser un système à CND pour réinitialiser le point de consigne de pression en fonction de la zone qui en exige le plus. Le point de consigne de pression statique peut être automatiquement réinitialisé grâce à une boucle de rétroaction de contrôle en fonction des zones, ce qui permet au ventilateur d'alimentation de maintenir le débit d'air nécessaire pour maintenir des conditions confortables dans les zones individuelles. La réinitialisation de la pression statique est une méthode très efficace pour réduire la consommation d'énergie du ventilateur dans les systèmes à DAV[10].

- **Corriger le fonctionnement des registres d'air :** En ce qui concerne les systèmes dotés de registres de zone à DAV, vous devez périodiquement inspecter les registres, les raccords et les actionneurs pour vous assurer qu'ils fonctionnent adéquatement. Dans les bâtiments plus vieux où l'entretien n'a pas été rigoureux, certains registres de zones peuvent être bloqués dans une position fixe, ce qui les empêche de régulariser le confort. L'évaluation et la réparation de ceux-ci peut prendre du temps et être coûteux (surtout dans les grands bâtiments pouvant avoir des centaines de zones), mais en inspectant une partie des registres de zones dans le cadre de votre programme de commissioning en continu, tous les registres seront inspectés selon un cycle donné (p. ex. tous les cinq ans).

[10] Taylor, Steven P. « Increasing Efficiency with VAV System Static Pressure Setpoint Reset ». *ASHRAE Journal*, juin 2007. ashrae.org/resources--publications/periodicals/ashrae-journal/ASHRAE-Journal-Article-Index-2007 (en anglais seulement).

- **Abaisser les points de consigne minimaux des boîtes de débit d'air variable :** Les fabricants de boîtes à DAV recommandent généralement un point de consigne de débit d'air minimal selon la taille de la boîte et l'option de contrôle standard. Cependant, lorsqu'on utilise un système à CND, le point de consigne minimal contrôlable réel dépendra des exigences propres à l'espace concerné et est habituellement beaucoup plus bas que le minimum programmé par le fabricant. La réduction du point de consigne minimal permettra de réduire l'alimentation du ventilateur.

- **Calibrer les capteurs du système de contrôle automatique de bâtiment :** Les systèmes de contrôle automatique de bâtiment utilisent l'information qui leur est acheminée par les divers capteurs installés dans le bâtiment. Les capteurs de température, de dioxyde de carbone et d'enthalpie (contenu énergétique total de l'air) ne sont que quelques exemples. Si les capteurs critiques installés dans un bâtiment ne sont pas précis (mal calibrés), les systèmes ne fonctionneront pas efficacement, les coûts augmenteront, et des problèmes de confort pourront survenir.

- **Calibrer le système de ventilation des salles d'opération en fonction des modes d'occupation et d'inoccupation :** Le système de ventilation type d'une salle d'opération effectue entre 20 et 25 renouvellements d'air par heure (RAH) en mode d'occupation, dont quatre proviennent de l'air extérieur; bon nombre de modèles plus vieux effectuent des renouvellements excédentaires de l'ordre de 30 RAH. La réduction du volume d'air traité permettra non seulement de réduire la consommation d'énergie liée au chauffage et au refroidissement, mais aussi celle liée à l'humidification. Par exemple, le système de CVCA d'une salle d'opération type traite l'humidité durant la saison de refroidissement en soufflant de l'air aussi froid que 11 °C, le réchauffant ensuite à la température de la pièce — une pratique qui consomme beaucoup d'énergie.

  La norme 170 d'ASHRAE (qui fait désormais partie des *Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities 2010* du Facility Guidelines Institute) exige que les salles d'opération aient un minimum de 20 RAH. Cette norme permet aussi de réduire le nombre de renouvellements d'air selon une mesure pouvant aller jusqu'à 90 % « lorsque l'espace est inoccupé, pourvu que le rapport de pression avec les espaces annexes soit maintenu pendant que l'espace est inoccupé, et que le nombre minimal de renouvellements d'air indiqué soit rétabli en tout temps lorsque l'espace devient occupé[11] ».

  Selon le modèle d'utilisation d'une salle d'opération, qui peut être inoccupée 40 % du temps ou plus, les remises des points de consigne du taux de renouvellement d'air représentent une possibilité importante d'économies d'énergie.

[11] Norme 170 d'ASHRAE, article 7.1-sous-section 1.c.

PARTIE 1

- **Corriger l'utilisation excessive du chauffage et du refroidissement simultanés :** Un des éléments qui contribuent le plus à la consommation d'énergie excessive est le chauffage et le refroidissement simultanés. Le chauffage et le refroidissement simultanés de l'air soufflé dans les hôpitaux sont effectués intentionnellement afin de contrôler la température et l'humidité. Dans le cas du contrôle de l'humidité, l'air est refroidi sous sa température de rosée pour condenser et enlever l'humidité. Cet air plus frais et plus sec est généralement réchauffé à la température souhaitée dans la zone, entraînant une consommation d'énergie accrue.

  Les économies d'énergie sont réalisées grâce à l'examen et à l'ajustement des séquences de contrôle, de l'humidité de l'air d'alimentation et des points de consigne de température. Par exemple, la plage morte de températures de la zone (l'éventail des températures où la zone n'est ni chauffée, ni refroidie) peut être élargie pour prévenir la « lutte » inutile entre les systèmes de chauffage et de refroidissement. La surventilation peut aussi être corrigée afin de s'assurer que les débits d'air dans les zones occupées et inoccupées n'excèdent pas les taux minimaux permis par le Code ou les normes.

- **Vérifier les purgeurs de vapeur :** Bon nombre d'hôpitaux génèrent de la vapeur et l'utilisent aux fins de chauffage et de stérilisation. Les purgeurs de vapeur sont essentiellement des valves automatiques qui déchargent le condensat issu du débit de vapeur et maintiennent le fonctionnement adéquat du système de distribution de vapeur. Étant donné que les purgeurs sont exposés à de rudes conditions, ils subiront éventuellement des fuites ou des défectuosités. Lorsqu'ils deviennent défectueux et grippés en position ouverte ou fuient, l'énergie se perd sous forme de chaleur humide. Une purge qui fonctionne mal peut coûter des milliers de dollars par année en vapeur perdue. Les purgeurs qui cessent de fonctionner en position fermée ne causent pas de perte d'énergie ou d'eau, mais peuvent causer une importante réduction de la capacité et endommager le système.

  Environ 20 % de la vapeur produite par une chaudière centrale est généralement perdue en raison de purgeurs défectueux ou qui fuient dans les bâtiments existants[12]. Selon la taille de votre installation de chaudière, cela peut représenter des dizaines, voire des centaines de milliers de dollars par année de pertes en énergie. Conformément à votre programme de CxBE, embauchez un technicien spécialisé dans les systèmes de vapeur pour vérifier les purgeurs de vapeur.

- **S'assurer que l'équipement de cuisine est éteint en dehors des heures d'exploitation :** Les cuisines commerciales consomment une grande quantité d'énergie et d'eau. L'équipement comme les fours et les ventilateurs d'extraction sont souvent laissés allumés à des fins pratiques durant la journée et peuvent même être laissés allumés après que la cuisine a été fermée.

[12] Pacific Northwest National Laboratory. *Steam Trap Performance Assessment*. Department of Energy des États-Unis, DOE/EE-0193, juillet 1999.

PARTIE 1

- **Réparer l'isolation endommagée des conduits ou remplacer celle qui est manquante :** Les inspections de routine de l'isolation des conduits de chauffage et de refroidissement peuvent aider à déterminer les réparations nécessaires. Sans isolation, l'énergie se perd sous forme de pertes à vide et de pertes cycliques (p. ex. perte de chaleur dans les espaces inoccupés lorsque l'eau chaude circule dans les conduits).
- **Enchaîner les chaudières au moyen de contrôles :** Dans le cas de chaudières multiples, il est important de les mettre en séquence de manière à ce que chacune d'entre elles fonctionne le plus efficacement possible en fonction d'une charge donnée.
- **Réinitialiser le point de consigne de l'eau des chaudières :** Durant les saisons intermédiaires, les charges de chauffage des installations peuvent souvent être atteintes à l'aide de températures d'eau de chauffage plus basses. La réinitialisation du point de consigne de l'eau en fonction de la température de l'air extérieur aide à faire correspondre le rendement de la chaudière à la charge réelle, ce qui se traduit par des économies d'énergie.
- **Enchaîner les refroidisseurs au moyen de contrôles :** Dans le cas de refroidisseurs multiples, il est important de les mettre en séquence de manière à ce que chacun d'entre eux fonctionne le plus efficacement possible en fonction d'une charge donnée.
- **Réinitialiser le point de consigne de l'eau refroidie :** Au fur et à mesure que la température et l'humidité extérieures augmentent, la température de l'eau refroidie doit être plus froide pour pouvoir soutenir les charges internes. À l'inverse, au fur et à mesure que la température et l'humidité diminuent, la température de l'eau refroidie doit être plus chaude pour prévenir le surrefroidissement et garantir le confort des occupants. Cette stratégie aide à faire correspondre le rendement du refroidisseur à la charge réelle. Des économies sur le plan de la demande d'énergie peuvent être réalisées en augmentant la température de l'eau refroidie lorsque les conditions le permettent.
- **Réinitialiser le point de consigne de l'eau du condensateur :** L'augmentation des températures de l'eau du condensateur fait en sorte que l'alimentation du ventilateur de la tour de refroidissement diminue et que l'alimentation du refroidisseur augmente. Comme le montre la figure 6, la température de fonctionnement optimal survient au point où ces deux tendances opposées se combinent pour produire la consommation d'énergie totale la plus faible. Cependant, le point de consommation d'énergie le plus bas change en fonction des conditions extérieures (p. ex. température, humidité). En programmant une réinitialisation, les températures de l'eau du condensateur peuvent varier en fonction des conditions extérieures pour maintenir les activités au point de consommation d'énergie le plus bas du système, ou à tout le moins près de ce point.

Figure 5. Isolation des conduits

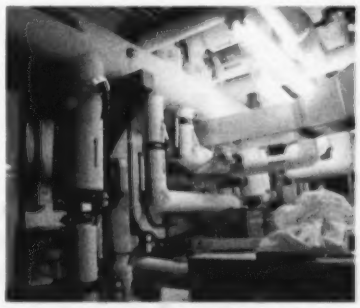
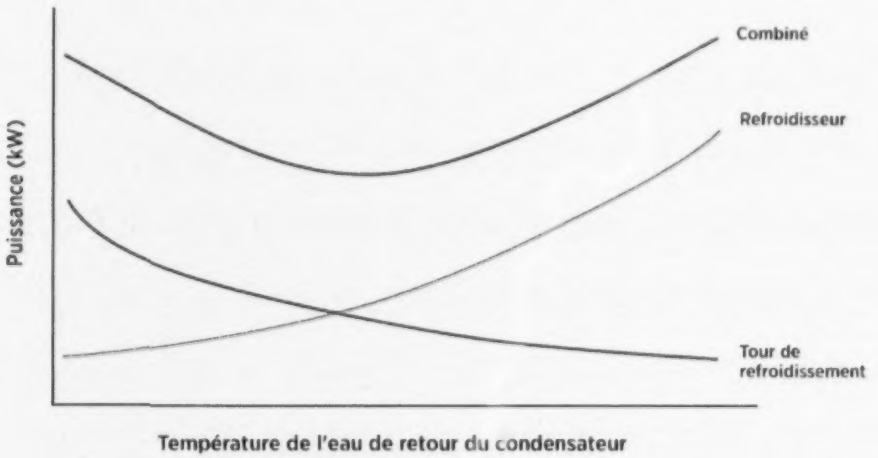


Photo fournie par Claudette Poirier, Vancouver Island Health Authority

PARTIE 1

Figure 6. Incidence énergétique de la température de l'eau du condensateur



Source : © E-Source

- **Tirer pleinement profit des tours de refroidissement disponibles :** La plupart des centrales de refroidissement à eau ont une capacité excédentaire, en ce sens qu'une ou plusieurs tours de refroidissement ne fonctionnent pas durant les périodes de faibles charges. Pour tirer pleinement profit des tours de refroidissement existantes, il suffit de faire circuler l'eau du condensateur dans le plus de tours possible, le plus de fois possible, et à la vitesse de ventilateur la plus lente possible. Cette stratégie ne s'applique qu'aux systèmes de refroidissement à l'eau qui peuvent faire varier la vitesse des ventilateurs des tours de refroidissement et qui comprennent de multiples tours de refroidissement et refroidisseurs raccordés en parallèle.
- **Optimiser la purge de la chaudière et le contrôle de l'air de combustion :** La purge contrôle l'accumulation de matières solides dans l'eau de la chaudière; elle protège les surfaces de celle-ci, améliore le transfert de chaleur (économisant ainsi de l'énergie) et assure une concentration chimique sécuritaire. L'efficacité de la combustion est compromise par l'accumulation de suies et d'autres matières encrassées dans la zone de combustion et par une quantité excédentaire d'air de combustion. Un entretien adéquat peut prolonger la vie de la chaudière et permettre d'économiser beaucoup d'énergie. Par exemple, pour chaque réduction de 15 % de la quantité excédentaire d'air de combustion, l'efficacité de la chaudière est améliorée de 1 %.

PARTIE 1

Améliorations de l'éclairage

L'éclairage représente plus de 10 % de la consommation d'énergie dans les hôpitaux canadiens, et il a une incidence sur d'autres systèmes de bâtiment, parce qu'il exige de l'électricité et qu'il produit de la chaleur sensible. L'amélioration des systèmes d'éclairage en ayant recours à des sources lumineuses, des luminaires et des contrôles plus efficaces permet de réduire la consommation d'énergie liée à l'éclairage et d'améliorer l'environnement visuel; cette mesure peut même avoir une incidence sur la taille des systèmes de CVCA et électriques.

Les améliorations apportées aux systèmes d'éclairage sont souvent des investissements attrayants, en raison de leurs coûts d'investissement relativement faibles et de la courte période de récupération. Même de simples améliorations peuvent permettre de réduire la consommation d'énergie liée à l'éclairage selon un éventail situé entre 10 % et 85 %[13], en plus de pouvoir accélérer le rétablissement des patients, améliorer les activités médicales et accroître la santé et la satisfaction des employés. Si on considère que les densités de puissance d'éclairage des anciens codes sont au moins le double de celles des codes courants, il est possible de faire des économies d'énergie de l'ordre de 50 %, même sans contrôles additionnels.

L'éclairage et le *Code national de l'énergie pour les bâtiments* – Canada

Les densités de puissance d'éclairage (DPE) ont diminué en raison des percées effectuées sur le plan des systèmes d'éclairage écoénergétiques. En ce qui a trait aux hôpitaux, le *Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments* de 1997 permettait des DPE variant entre 9,7 W/m^2 pour les salles d'attente et 75,3 W/m^2 pour les salles d'opération. Le CNÉB 2011 prescrit une DPE maximale de 6,7 W/m^2 pour les salles d'attente et de 20,3 W/m^2 pour les salles d'opération. Ces changements sont essentiellement attribuables à l'efficacité améliorée de la technologie d'éclairage.

Guide de calcul de la DPE

1. Définir les limites de la zone d'étude, mesurer et calculer la superficie en mètres carrés.
2. Recueillir la puissance d'entrée ou l'ampérage pour chaque type d'appareil d'éclairage de la zone. Ce renseignement devrait figurer sur l'étiquette des données électriques apposée sur les appareils. Ne pas utiliser la puissance des lampes. Lorsque la puissance d'entrée est indiquée en watts, utiliser cette valeur. Lorsque la puissance d'entrée est indiquée en ampères, multiplier l'ampérage par la tension (120 V ou 347 V) pour obtenir la puissance.
3. Calculer la somme des puissances d'entrée des appareils et diviser en fonction de la superficie pour déterminer la DPE en watts par mètre carré.

[13] Consortium for Building Energy Innovation. *Best Practices for Lighting Retrofits, Picking the Low Hanging Fruit*. Révisé le 29 août 2013. research.cbei.psu.edu//research-digest-reports/best-practices-for-lighting-retrofits (en anglais seulement).

1 PARTIE

Exigences des hôpitaux en matière d'éclairage

Les exigences des hôpitaux et des établissements de soins de santé en matière d'éclairage font partie des plus rigoureuses parmi tous les types d'établissements. Les médecins et le personnel infirmier doivent disposer d'un éclairage direct, clair et brillant et offrant un rendu de couleur supérieur pour pouvoir faire des diagnostics exacts; quant à l'éclairage des chambres des patients et des salles réservées aux visiteurs, il devrait être chaleureux et accueillant pour créer un environnement paisible. L'éclairage doit par conséquent répondre aux besoins et aux préférences des divers groupes de personnes évoluant dans différentes situations. Par exemple, les chambres des patients nécessitent un éclairage qui peut répondre à la fois à des tâches visuelles complexes et offrir un environnement confortable favorisant le rétablissement.

L'éclairage produit un effet incroyable sur les gens, à la fois biologiquement et émotionnellement. Utilisé judicieusement dans les établissements de soins de santé, il peut améliorer l'expérience d'un patient et jouer un rôle clé dans la promotion du mieux-être. L'éclairage a une incidence sur les résultats des établissements de soins en réduisant la dépression chez les patients, en écourtant la durée du séjour dans les hôpitaux, en améliorant le sommeil et les rythmes circadiens, en atténuant l'agitation chez les patients atteints de démence, en apaisant la douleur, et en améliorant l'ajustement au travail du quart de nuit chez les employés. Une combinaison de lumière naturelle et d'éclairage électrique peut répondre à ces besoins. La lumière naturelle devrait être incorporée à la conception de l'éclairage dans les établissements de soins, non seulement parce qu'elle est bénéfique aux patients et au personnel, mais aussi parce qu'elle ne coûte rien et qu'elle constitue la forme d'éclairage préféré de la plupart des gens.

Diodes électroluminescentes

Les diodes électroluminescentes (DEL) ont progressé pour devenir une source d'éclairage de haute qualité, et ce, peu importe la température de couleur, et dont les exigences d'alimentation sont peu élevées comparativement aux lampes incandescentes, aux lampes fluorescentes compactes et aux lampes à décharge à haute intensité (DHI). Dans certaines applications, les DEL remplacent bien les lampes fluorescentes linéaires. Depuis l'éclairage intérieur doux des aires réservées aux patients jusqu'à l'éclairage accueillant et sécuritaire des stationnements et des entrées, les percées sur le plan de l'éclairage DEL offrent une versatilité et une qualité bien adaptées aux applications liées aux soins de santé. L'éclairage DEL peut jouer un rôle important en ce qui a trait à la réduction des coûts énergétiques et d'entretien, tout en améliorant l'expérience du patient et du personnel.

Les réaménagements des systèmes d'éclairage se présentent sous deux formes : le remplacement direct et la nouvelle conception.

Réaménagements par remplacement direct

Les réaménagements par remplacement direct nécessitent un travail d'analyse mineur et, comme le terme l'indique, consistent à remplacer directement les sources d'éclairage ou les systèmes de contrôle en place. Ils ne devraient pas avoir d'incidence négative sur la sécurité, le confort ou la productivité des occupants.

Pour vérifier l'incidence des réaménagements par remplacement direct, il peut être utile de les appliquer à un étage ou à une zone désignée à titre d'essai dans le cadre d'une étude ayant trait à l'incidence de l'éclairage sur les occupants.

Liste des mesures relatives à l'éclairage (réaménagements par remplacement direct)

- ✓ Remplacer les lampes incandescentes et les lampes fluorescentes compactes d'utilisation fréquente par des lampes DEL
- ✓ Remplacer les panneaux Sortie à éclairage incandescent par des panneaux à éclairage DEL
- ✓ Remplacer l'éclairage extérieur et des stationnements par un éclairage à lampes DEL
- ✓ Remplacer les lampes fluorescentes dans les escaliers et les sorties par des lampes DEL
- ✓ Remplacer les interrupteurs muraux installés dans les pièces cloisonnées par des capteurs d'occupation ou d'inoccupation

- **Remplacer les lampes incandescentes et les lampes fluorescentes compactes d'utilisation fréquente par des lampes DEL :** Par exemple, les lampes incandescentes MR16 sont fréquemment utilisées dans les luminaires suspendus et encastrés. Il est possible de réaliser des économies de presque 80 % en remplaçant directement une lampe MR16 de 50 W par une lampe DEL de 11 W qui a un indice de rendu des couleurs (IRC) de 92.
- **Remplacer les panneaux Sortie à éclairage incandescent par des panneaux à éclairage DEL :** Les panneaux Sortie peuvent être remplacés complètement ou convertis à l'éclairage DEL au moyen d'une trousse de réaménagement. Les économies sont importantes, étant donné que ces panneaux fonctionnent 24 heures par jour, sept jours sur sept.
- **Remplacer l'éclairage extérieur et des stationnements par un éclairage à lampes DEL :** L'éclairage extérieur est conçu pour assurer la sécurité et n'a rien à voir avec les qualités associées au rendu des couleurs ou aux tâches visuelles détaillées. Ainsi, l'éclairage à lampes DEL est bien adapté aux applications d'éclairage extérieur et peut permettre de réaliser des économies supérieures à 40 % par rapport aux lampes à DHI conventionnelles.

Principaux termes liés à l'éclairage

Indice de rendu des couleurs (IRC) : Mesure de 1 à 100 de la capacité d'une source lumineuse à révéler les couleurs des divers objets correctement en comparaison avec une source de lumière naturelle ou idéale. Un IRC de 100 est idéal.

Efficacité des luminaires : Ratio de lumens émis par un luminaire par rapport aux lumens émis par la ou les lampe(s) installée(s) sur ce luminaire.

Efficacité de l'éclairage : Mesure de la puissance lumineuse de sortie par unité d'alimentation. Elle est exprimée en lumens par watt (lm/W).

Densité de puissance d'éclairage (DPE) : Mesure de la charge d'éclairage connectée par unité de superficie. Elle est exprimée en watts par mètre carré (W/m^2).

Lumen : Unité mesurant la puissance lumineuse totale émise par une source de lumière (lm).

Luminaire : Unité d'éclairage complète (lampe, boîtier, lentilles, ballast, câblage, etc.).

Lux : Unité de mesure de l'éclairage qui équivaut à un lumen par mètre carré (lx). L'unité impériale est le pied-bougie (en anglais, *foot-candle*, ou fc), qui équivaut à un lumen par pied carré.

PARTIE 1

La technologie d'éclairage DEL a évolué considérablement, tant dans le domaine des nouvelles conceptions que dans celui des réaménagements. Grâce à l'arrivée récente sur le marché de plusieurs fabricants de systèmes d'éclairage DEL, il est maintenant possible de choisir parmi un vaste éventail d'options de réaménagement, notamment les trousses de réaménagement qui permettent de convertir les luminaires existants pour qu'ils puissent fonctionner avec des lampes DEL.

- **Remplacer les lampes fluorescentes dans les escaliers et les sorties par des lampes DEL :** Puisque les escaliers et les sorties sont généralement éclairés 24 heures par jour, sept jours sur sept, la conversion à l'éclairage DEL peut permettre de réaliser des économies importantes.
- **Remplacer les interrupteurs muraux installés dans les pièces cloisonnées par des capteurs d'occupation ou d'inoccupation :** Les capteurs d'occupation et d'inoccupation éteignent les lumières lorsque les espaces sont inoccupés. Les capteurs d'occupation allument automatiquement les lumières lorsqu'ils détectent des occupants; les capteurs d'inoccupation nécessitent une activation manuelle de l'interrupteur mural pour l'allumage des lumières. Les capteurs d'inoccupation offrent les meilleures économies, puisque les lumières ne s'allumeront jamais automatiquement. L'Environmental Protection Agency des États-Unis estime que les économies potentielles d'énergie consacrée à l'éclairage dans des conditions optimales se situent entre 25 % et 75 %, selon le type d'espace[14].

Réaménagements par nouvelle conception

Contrairement aux réaménagements par remplacement direct, les réaménagements par nouvelle conception exigent la réalisation d'analyses et d'exercices de conception pour s'assurer que le système d'éclairage et la stratégie de contrôle résultants répondront aux besoins des occupants. La conception d'un système d'éclairage doit tenir compte d'éléments importants, tels les rapports de luminance, l'effet d'éblouissement et la qualité de couleur ainsi que la quantité de lumière. Le CNÉB devrait aussi être consulté pour s'assurer que les DPE maximales ne sont pas dépassées.

[14] Environmental Protection Agency des États-Unis. *Putting Energy into Profits: ENERGY STAR® Guide for Small Business*. energystar.gov/ia/business/small_business/sb_guidebook/smallbizguide.pdf (en anglais seulement).

PARTIE 1

Tableau 1. Recommandations en matière d'éclairement dans les établissements de soins de santé

Applications et tâches	Cibles d'éclairement (lux)[15]
Ambulatoire – poste de consignation au dossier	300
Ambulatoire – examen	1000
Ambulatoire – général	500
Chambres des patients – général	100
Chambres des patients – au-dessus du lit	500
Chambres des patients – tête du lit (utilisation par les patients)	300
Poste de soins infirmiers	500
Corridors – patients hospitalisés (jour)	100
Corridors – patients hospitalisés (nuit)	50
Pharmacie	500–1000
Radiologie – général	500
Radiologie – examen	1000
Chirurgie – examen	1000
Chirurgie – salle d'opération	2000
Ateliers	1000
Escaliers	100
Halls (jour)	300
Halls (nuit)	150
Bureau d'accueil	400
Salle d'attente	200

Source : Illuminating Engineering Society of North America (IESNA). *The Lighting Handbook*, 10e édition.

Les besoins d'éclairage des patients et du corps médical sont très différents. Pour un patient, il est très important de créer un environnement calme et paisible qu'il pourra personnaliser en fonction de son humeur. À l'opposé, les environnements d'examens doivent avoir un éclairage brillant et fonctionnel pour faciliter les diagnostics et aider les professionnels à travailler plus efficacement. La diversité des objectifs exige une qualité d'éclairage bien adaptée à l'espace. Le tableau 2 illustre des exemples de caractéristiques d'éclairage selon le type d'espace.

[15] Niveaux d'éclairement horizontal recommandés mesurés à 76 cm au-dessus du plancher, où au moins la moitié des observateurs sont âgés de 25 à 65 ans.

PARTIE 1

Tableau 2. Qualités de l'éclairage dans les hôpitaux

Aire de l'hôpital	Qualité de l'éclairage
Entrée/boutiques	Ambiance accueillante
Corridors	Éclairage brillant, lumière naturelle
Corridors des services	Éclairage brillant et à intensité réglable
Salles d'attente	Éclairage chaleureux et dégageant une atmosphère paisible
Salles d'examen	Variété d'atmosphères : de l'éclairage doux apaisant et rassurant à l'éclairement vif; le rendu de couleur de haute qualité aide à procéder aux examens et aux diagnostics
Salles d'imagerie	Environnement calme
Chambres des patients	Éclairage flexible qui répond aux besoins des patients, mais qui permet aussi au personnel de travailler efficacement, lumière naturelle
Bureaux	Ambiance relaxante ou stimulante, lumière naturelle
Aires extérieures et stationnements	Éclairage sécuritaire, ambiance confortable, plaisante et invitante

Source : Philips. *Designing people-centric hospitals using Philips lighting solutions.*

Liste des mesures relatives à l'éclairage (réaménagements par nouvelle conception)

- ✓ Remplacer les anciens luminaires T12 et T8 par des sources lumineuses à haute efficacité dotées d'un contrôle d'intensité
- ✓ Combiner les stratégies d'éclairage ambiant et localisé
- ✓ Tirer profit de l'utilisation de la lumière naturelle
- ✓ Utiliser l'éclairage à deux niveaux en fonction de l'occupation dans les escaliers et les sorties
- ✓ Installer un éclairage DEL
- ✓ Ajouter un système central de contrôle de l'éclairage

- **Remplacer les anciens luminaires fluorescents T12 et T8 par des sources lumineuses à haute efficacité dotées d'un contrôle d'intensité :** Les vieilles lampes fluorescentes T12 ou T8 peuvent être remplacées par de nouvelles lampes fluorescentes T8 ou T5 et des ballasts électroniques de gradation. Une plus grande efficacité, combinée à un contrôle doté de capteurs d'occupation et d'éclairage naturel, peut permettre de faire d'importantes économies de coûts et d'énergie.

PARTIE 1

- **Combiner les stratégies d'éclairage ambiant et localisé :** Traditionnellement, on optait pour un éclairage général dans les aires administratives dotées d'espaces de bureaux ouverts; un seul type de luminaire était installé, selon un agencement ou un modèle courant, afin de produire une lumière relativement uniforme dans une pièce. L'éclairage général conçu pour répondre aux exigences d'éclairage localisé dans un espace donné diffuse habituellement beaucoup plus de lumière que celle nécessaire pour la circulation dans le bâtiment (c.-à-d. éclairage autre que localisé). La consommation d'énergie liée à l'éclairage peut être réduite de plus de 40 % simplement en diminuant l'intensité du plafonnier et en fournissant aux travailleurs un éclairage localisé DEL individuel.

  Les stratégies d'éclairage modernes comprennent une combinaison d'éclairage localisé et d'éclairage ambiant. L'éclairage localisé offre aux occupants les niveaux d'éclairage là où ils en ont besoin, permettant ainsi de diffuser un éclairage ambiant à des niveaux plus faibles. Conformément aux normes de conception de systèmes d'éclairage de l'IESNA, les rapports de luminance pour l'éclairage localisé et ambiant ne doivent pas dépasser 3:1. La majorité des types de tâches administratives exigent de 500 à 600 lx d'éclairage localisé, et par conséquent, les niveaux d'éclairage ambiant ne devraient pas être plus bas qu'environ 200 lx pour créer un environnement de travail confortable.

  Cette transition vers l'éclairage ambiant et localisé améliore le confort et la satisfaction des employés, en plus d'offrir des avantages sur le plan de la santé et de la productivité. Une étude a révélé une amélioration de 11 % des tâches, comme la multiplication à trois chiffres, lorsque les sujets pouvaient contrôler les niveaux d'éclairage à l'aide d'un éclairage localisé[16,17].

- **Tirer profit de l'utilisation de la lumière naturelle :** L'utilisation de la lumière naturelle consiste à utiliser l'éclairage naturel en tant que source d'éclairage. Dans les bâtiments où la lumière naturelle est utilisée (et où on peut donc éteindre ou diminuer l'éclairage électrique), il est possible de réduire la consommation d'énergie et la demande de pointe, d'une part, et de créer un environnement intérieur plus invitant, d'autre part. Cependant, il faut effectuer une planification rigoureuse pour profiter de tous les avantages potentiels offerts par un système d'éclairage naturel; cette tâche peut s'avérer complexe dans les bâtiments existants possédant déjà des fenêtres et autres ouvertures.

Figure 7. Sources lumineuses multiples dans une chambre de patient

Les sources lumineuses multiples offrent au patient un espace adaptable et fonctionnel. Ici, l'éclairage diffusé par un luminaire encastré d'ambiance à intensité réglable est complété par l'éclairage naturel et l'éclairage provenant d'un plafonnier.

Source : Philips.

[16] Rivard, C. et autres 2006. « Productivity with task and ambient lighting system evaluated by fatigue and task performance ». bsria.co.uk/information-membership/information-centre/library/item/productivity-with-task-and-ambient-lighting-system-evaluated-by-fatigu-jun-2006/ (en anglais seulement).

[17] Schwartz, B. S. et autres 1997. « Lost Workdays and Reduced Work Effectiveness Associated with Headache in the Workplace ». *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. journals.lww.com/joem/Abstract/1997/04000/Lost_Workdays_and_Decreased_Work_Effectiveness.9.aspx (en anglais seulement).

PARTIE 1

Figure 8. Éclairage naturel des hôpitaux

Photo fournie par Claudette Poirier, Vancouver Island Health Authority

L'éclairage naturel jouit d'un avantage important par rapport à l'éclairage électrique, puisque le contenu spectral de la lumière naturelle produit environ 2,5 fois plus de lumens par unité de charge de refroidissement. Ce rapport peut être amélioré encore plus si la lumière naturelle est introduite par des vitrages haute performance, dotés d'un revêtement à faible émissivité. Lorsque la lumière naturelle peut produire des niveaux d'éclairage comparables ou supérieurs à ceux de l'éclairage électrique, les lumières électriques peuvent être éteintes. Cela permet non seulement de réduire la consommation d'énergie associée à l'éclairage en soi, mais aussi d'économiser de l'énergie en réduisant de moitié la charge de refroidissement du bâtiment attribuable à l'éclairage. De plus, ces économies ont tendance à coïncider avec les pics d'énergie observables lors des chaudes journées d'été[18]. Les capteurs qui ajustent graduellement les lumières en réponse à la lumière naturelle disponible permettent de réaliser des économies d'énergie moyennes de 30 %[19,20].

Outre les économies d'énergie, l'accès à la lumière du soleil peut améliorer le confort des occupants durant la saison de chauffage, compléter l'éclairage fonctionnel et offrir un contact avec l'extérieur, notamment en les exposant à certains effets biologiques de la lumière du soleil. Une étude a révélé que 2 % des patients et 62 % des membres du personnel considéraient que la lumière du soleil était nuisible, tandis que 91 % des patients et 31 % des membres du personnel la considéraient comme étant agréable. De plus, les patients qui étaient installés du côté ensoleillé d'un hôpital, donc exposés à 46 % plus de lumière naturelle, percevaient moins de stress et de douleur et prenaient moins d'analgésiques que ceux qui étaient installés du côté ombragé[21].

Pour tirer profit de l'éclairage naturel, des contrôles adaptables sont nécessaires pour réduire la charge d'éclairage électrique tout en préservant la qualité et la quantité de lumière dans l'espace.

Les contrôles de l'éclairage se présentent sous deux formes : interrupteurs et gradateurs. Les interrupteurs permettent d'éteindre les lumières lorsque la quantité de lumière naturelle est adéquate; de leur côté, les gradateurs permettent de modifier graduellement la puissance lumineuse des luminaires en réponse à la quantité de lumière naturelle disponible. Les deux stratégies exigent des capteurs pour fournir de la rétroaction aux contrôles.

[18] Illuminating Engineering Society of North America. *Advanced Lighting Guidelines*, édition de 2001.

[19] Department of Energy des États-Unis, Energy Information Administration. *2003 Commercial Building Energy Consumption Survey*. eia.gov/consumption/commercial/data/2003/ (en anglais seulement).

[20] Lee, E. S., et S.E. Selkowitz. « The New York Times headquarters daylighting mockup: Monitored performance of the day lighting control system ». *Energy and Buildings*. 2005. sites.energetics.com/buildingenvelope/pdfs/56979.pdf (en anglais seulement).

[21] worldhealthdesign.com/patient-and-staff-environments.aspx (en anglais seulement)

Contrôle par gradateur

La gradation est continue selon la plage du ballast, permettant ainsi une vaste portée de rendement lumineux, ce qui est préférable à de nombreuses applications, puisque c'est généralement plus acceptable pour les occupants. Étant donné leur coût, les ballasts de gradation sont une option plus dispendieuse que les interrupteurs, mais permettent de faire de meilleures économies d'énergie.

Contrôle par interrupteur

Un système d'interrupteur peut être à deux niveaux (marche-arrêt, rendement de 50 %) selon les ballasts à circuits séparés de chaque luminaire ou des luminaires sélectionnés à circuits séparés, ou à multiples niveaux (marche-arrêt, 66 % et 33 %), selon les ballasts à circuits séparés qui font fonctionner les lampes dans les luminaires à trois lampes.

Les avantages des interrupteurs comprennent un coût initial plus faible, ainsi qu'une conception et un commissioning plus simples. Les inconvénients sont les économies d'énergie moins élevées et moins de flexibilité comparativement à la gradation continue. Dans les espaces occupés, les interrupteurs à multiples niveaux peuvent être préférables aux interrupteurs marche-arrêt, parce qu'ils permettent de faire de petits changements sur le plan du rendement lumineux.

- **Utiliser l'éclairage à deux niveaux en fonction de l'occupation dans les escaliers et les sorties :** Dans les espaces qui ne sont pas régulièrement occupés, mais qui exigent un certain éclairage même lorsqu'ils sont inoccupés, il est possible de réduire la puissance lumineuse dans une mesure pouvant aller jusqu'à 50 % durant les périodes d'inoccupation. Un temps d'arrêt de 15 minutes est typique pour éviter les courts cycles et la diminution de la durée de vie de la lampe.

- **Installer un éclairage DEL :** Comme il en a déjà été question, les luminaires DEL sont maintenant des remplacements acceptables pour les luminaires et lampes à incandescence et l'éclairage extérieur. Cependant, au moment de publication du présent document, la technologie DEL en tant que source de remplacement des fluorescents linéaires était généralement encore trop dispendieuse, même si les percées dans le domaine de la fabrication de sources d'éclairage et de luminaires sont en train de combler rapidement cette lacune liée au coût. Étant donné l'évolution rapide de cette technologie, les options DEL devraient être abordées avec votre concepteur de système d'éclairage.

Une exception à souligner est l'utilisation de l'éclairage DEL pour l'éclairage des salles de chirurgie. En plus des économies d'énergie et des réductions de la demande, l'éclairage DEL améliore l'acuité visuelle du chirurgien ainsi que l'environnement chirurgical en permettant des températures plus basses et plus stables dans les pièces[22].

PARTIE 1

Incidence des réaménagements des systèmes d'éclairage intérieur sur le système de CVCA

Les systèmes d'éclairage ne convertissent qu'une fraction de leur rendement électrique en rendement lumineux utile; le reste est en grande partie libéré directement sous forme de chaleur. Toute amélioration du système d'éclairage qui réduit la puissance d'entrée réduit aussi la quantité de chaleur qui doit être éliminée par le système de climatisation de l'air.

Bien que cela diminue le besoin de climatisation de l'air en été, cela réduit aussi la chaleur disponible issue de l'éclairage durant les mois d'hiver. L'effet précis sur un bâtiment donné peut être déterminé par simulation informatique. Dans l'ensemble, l'installation d'un système d'éclairage écoénergétique est une mesure très efficace pour diminuer la demande électrique de pointe, réduire la consommation d'énergie et diminuer les coûts des services publics.

[22] sustainabilityroadmap.org (en anglais seulement)

PARTIE 1

- **Ajouter un système central de contrôle de l'éclairage :** Dans les installations qui n'ont pas de système de contrôle de l'éclairage et où on compte sur les occupants pour éteindre les lumières, il serait bon de considérer l'ajout d'un système de contrôle central de l'éclairage dans les aires administratives, les aires de soins en clinique externe et d'autres aires utilisées durant la journée dans les hôpitaux. Lorsque c'est possible, l'éclairage devrait être allumé au début de la journée par les premiers occupants qui arrivent et ne devrait pas être contrôlé par un signal MARCHE automatique. Les pratiques exemplaires suggèrent aussi de programmer l'arrêt complet aussitôt que possible après les heures d'occupation normales ainsi que d'éclairer par zone afin de permettre d'allumer manuellement un éclairage minimal pour le nombre réduit d'occupants qui restent ou reviennent après les heures normales de travail. L'éclairage par zone nécessite l'installation d'interrupteurs accessibles aux occupants pour que cette stratégie porte ses fruits. Afin d'éliminer le risque de laisser des lumières allumées toute la nuit, des signaux d'arrêt périodiques (p. ex. toutes les heures) peuvent être programmés. De telles stratégies de contrôle exigent de former les occupants afin de soutenir les objectifs du programme de conservation et d'offrir les éléments de confort et de sécurité requis aux employés qui travaillent après les heures normales de travail.

Réduction des charges supplémentaires

Les sources des charges supplémentaires sont des facteurs de contribution secondaires à la consommation d'énergie dans les bâtiments (les occupants, les ordinateurs et l'équipement, le bâtiment en soi, etc.). Ces charges peuvent avoir un effet négatif sur les charges de chauffage, de refroidissement et électriques. Cependant, leur effet peut être contrôlé et réduit au moyen d'une planification stratégique, de l'engagement des occupants et d'améliorations écoénergétiques. Grâce à une analyse rigoureuse de ces sources et de leurs interactions avec les systèmes de CVCA, la taille de l'équipement de chauffage et de refroidissement et les coûts des améliorations peuvent être réduits. Ces améliorations peuvent diminuer directement la perte d'énergie et permettre de faire des économies d'énergie additionnelles sur le système de CVCA.

Les charges supplémentaires peuvent être diminuées en réduisant la consommation d'énergie de l'équipement et en améliorant l'enveloppe du bâtiment afin de lui conférer une résistance thermique accrue.

Charges électriques et équipement

La section qui suit aborde l'équipement et les appareils communs utilisés dans l'environnement hospitalier ainsi que les transformateurs de distribution électrique.

PARTIE 1

Liste des mesures relatives aux charges supplémentaires (charges électriques et équipement)

- ✓ Éteindre l'équipement lorsqu'il n'est pas utilisé
- ✓ Installer des contrôles de distributeurs automatiques
- ✓ Choisir un équipement ENERGY STAR
- ✓ Mettre en œuvre un programme de sensibilisation des employés à la consommation d'énergie
- ✓ Installer des transformateurs à haute efficacité
- ✓ Considérer la réalisation de travaux de réaménagement dans les centres de traitement des données

- **Éteindre l'équipement lorsqu'il n'est pas utilisé :** La première étape pour réaliser des économies d'énergie consiste à éteindre l'équipement et les appareils lorsqu'ils ne sont pas utilisés. En ce qui a trait aux ordinateurs et aux moniteurs, les réglages de la gestion de la consommation d'énergie peuvent être effectués de façon à provoquer la fermeture automatique à l'aide d'une de ces approches :
  - Les employés activent les fonctions existantes de gestion de la consommation sur leurs ordinateurs et ferment leurs ordinateurs pour la nuit dans les aires administratives, les aires de soins en clinique externe et les autres aires utilisées durant la journée dans les hôpitaux.
  - Le service de TI développe et implante des scripts de connexion qui contrôlent les réglages de la gestion d'énergie.
  - Un logiciel tiers implante une politique de gestion d'énergie d'ordinateur dans le réseau de l'hôpital.

- **Installer des contrôles de distributeurs automatiques :** Les distributeurs automatiques sont un autre exemple d'équipement pouvant être éteint pour économiser l'énergie. Les produits de réaménagement existent qui utilisent des capteurs de mouvement pour éteindre les distributeurs lorsque les espaces sont inoccupés. Ces distributeurs se rallument lorsque les espaces redeviennent occupés et à des intervalles réguliers pour que leur contenu reste froid.

- **Choisir un équipement ENERGY STAR :** Les produits recommandés par ENERGY STAR consomment de 25 % à 50 % moins d'énergie que leurs homologues traditionnels. Les ordinateurs et autres équipements connexes homologués ENERGY STAR permettent d'économiser énergie et argent en entrant en mode « sommeil » ou en s'éteignant lorsqu'ils ne sont pas utilisés, et en fonctionnant plus efficacement lorsqu'ils sont utilisés. En spécifiant les produits écoénergétiques au moment de l'achat, les hôpitaux peuvent réduire leur consommation d'énergie électrique. La mise en vigueur d'une politique peut être aussi simple que de demander au personnel d'approvisionnement de spécifier les produits homologués ENERGY STAR, par exemple les ordinateurs, l'équipement de bureau, les luminaires et les lampes, l'équipement de cuisine et les appareils électroniques.

Même si l'équipement médical ne s'inscrit généralement pas dans la portée des réaménagements énergétiques, le rendement énergétique devrait être considéré durant le processus d'approvisionnement relatif à l'équipement.

Les appareils d'imagerie par résonance magnétique (IRM), qui possèdent des composants devant être continuellement refroidis à des températures basses, sont particulièrement énergivores, et consomment plus de 400 000 kWh par année.

Pour en savoir plus sur les produits ENERGY STAR, consultez le site ENERGY STAR au Canada de RNCan : rncan.gc.ca/energie/produits/energystar/12520.

Équipement de cuisine commerciale

Un vaste éventail d'équipements, de luminaires et d'appareils ménagers contribuent à la consommation d'énergie dans les cuisines commerciales, c'est donc dire qu'il existe aussi un grand nombre de possibilités de réduire cette consommation.

Seulement 35 % de l'énergie consommée dans une cuisine commerciale type sert à la cuisson et à la préparation des aliments; le reste est perdu dans la pièce sous forme de chaleur. En utilisant de l'équipement écoénergétique, il est possible non seulement de réduire la consommation d'énergie, mais aussi d'améliorer le confort et la qualité de l'air. Le remplacement de l'équipement existant par des solutions de rechange à haute efficacité peut vous permettre d'économiser jusqu'à 70 % sur la consommation d'énergie.

Le tableau 3 illustre les économies types associées aux divers équipements de cuisine écoénergétiques et indique si des produits homologués ENERGY STAR sont offerts :

Tableau 3. Équipement de cuisine et économies d'énergie

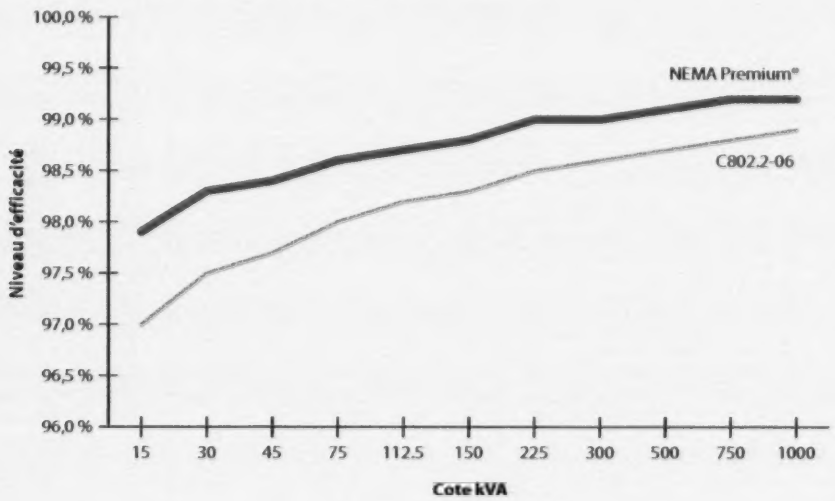
Catégorie	Équipement	Économies d'énergie types	Économies d'eau types	Homologué ENERGY STAR
Réfrigération	Réfrigérateurs et congélateurs commerciaux	35 %	–	Oui
	Machines à glace commerciales	15 %	10 %	Oui
Sanitation	Lave-vaisselle commerciaux	25 %	25 %	Oui
	Pulvérisateurs de prérinçage	Variable	55-65 %	Non
	Chauffe-eau	5 %	–	Oui
Préparation des aliments	Friteuses commerciales	30-35 %	–	Oui
	Plaques chauffantes commerciales	10 %	–	Oui
	Armoires de conservation chauffées commerciales	65 %	–	Oui
	Fours commerciaux	20 %	–	Oui
	Cuiseurs à vapeur commerciaux	50 %	90 %	Oui

Source : RNCan. 2012. *Guide ENERGY STAR pour les cuisines commerciales.*

La ventilation des cuisines a également une incidence importante sur la consommation d'énergie. La demande d'énergie peut diminuer considérablement si les appareils électroménagers sont de la bonne taille, si la chaleur est récupérée à partir de l'air évacué, et si le système de ventilation est doté d'un système de contrôle selon la demande. Certains appareils électroménagers possèdent même des solutions intégrées qui réduisent la nécessité d'évacuer l'air. Consultez la section Améliorations des systèmes de distribution de l'air pour plus de renseignements.

- **Mettre en œuvre un programme de sensibilisation des employés à la consommation d'énergie :** RNCan a produit le document *Mise en oeuvre d'un programme de sensibilisation à l'efficacité énergétique*[23], qui peut aider les directeurs d'hôpitaux à élaborer des programmes de sensibilisation à la consommation d'énergie efficaces à l'intention du personnel. Les *ENERGY STAR Guidelines for Energy Management* (en anglais seulement) sont une autre ressource utile[24]. Ces lignes directrices expliquent comment créer un plan de communication et donnent des idées, des exemples et des modèles personnalisables pour aider à communiquer le message au personnel, aux patients et aux visiteurs.
- **Installer des transformateurs à haute efficacité :** Remplacez les transformateurs existants à la fin de leur vie utile par des transformateurs à haute efficacité. Au cours des dernières années, les normes d'efficacité énergétique applicables aux transformateurs en Amérique du Nord ont évolué rapidement. Par conséquent, les fabricants offrent plus de transformateurs écoénergétiques qui ont moins de pertes que les anciens modèles. La nouvelle norme d'efficacité énergétique de la National Electrical Manufacturers Association (NEMA) pour les transformateurs, la CSA C802, prescrit 30 % moins de pertes que la norme précédente. La figure 9 montre l'efficacité relative des transformateurs standards en comparaison des transformateurs à haute efficacité de la NEMA.

Figure 9. Niveaux d'efficacité des appareils standards par rapport aux appareils écoénergétiques de la NEMA



PARTIE 1

Parmi toutes les stratégies d'économies d'énergie adoptées, c'est le recours à des **équipes verts** à Island Health* en Colombie-Britannique qui a permis de réaliser les économies annuelles les plus importantes sur la période de récupération la plus courte. Un investissement de 120 000 $ au cours de l'exercice 2013-2014 a permis de réaliser des économies de plus de 80 000 $.

Source : Island Health 2013 Carbon Neutral Action Report (en anglais seulement).

*Island Health comprend plus de 150 installations dans l'île de Vancouver, les îles du détroit de Georgia et les collectivités au nord de la rivière Powell et au sud de Rivers Inlet.

[23] publications.gc.ca/collections/collection_2013/rncan-nrcan/M144-244-2012-fra.pdf

[24] energystar.gov/buildings/about-us/how-can-we-help-you/build-energy-program/guidelines (en anglais seulement)

PARTIE 1

Les avantages découlant du remplacement des transformateurs standards par des modèles écoénergétiques comprennent la diminution des pertes lors du processus de transformation électrique et la réduction des charges de refroidissement dans les pièces où les transformateurs sont installés.

Le remplacement d'un seul transformateur de 75 kVA (efficacité de 98 %) par un transformateur écoénergétique de la NEMA (efficacité de 98,6 %) permet de réduire les pertes annuelles d'environ 30 %, selon un fonctionnement de 260 jours/année, une charge de 15 % sur 16 heures/jour et une charge de 100 % sur 8 heures/jour[25].

- **Considérer la réalisation de travaux de réaménagement dans les centres de traitement des données :** Le centre de traitement des données moyen est beaucoup plus énergivore qu'un centre hospitalier type. Moins de la moitié de l'énergie consommée par un centre de traitement des données type sert à alimenter son équipement de TI; le reste de l'énergie est consommée par les systèmes de climatisation, l'inefficacité de l'alimentation sans coupure (ASC), les pertes de distribution du courant et l'éclairage. La mesure et l'analyse comparative continues de la consommation d'énergie sont des activités critiques pour déterminer l'efficacité de votre centre de traitement des données, définir les meilleures stratégies et établir une distinction par rapport aux données sur l'énergie de votre bâtiment. Au fur et à mesure que de nouvelles stratégies sont mises en œuvre, l'analyse comparative permettra d'effectuer des comparaisons du rendement pour valider les améliorations et appuyer une optimisation future.

  Grâce aux pratiques exemplaires modernes, il est possible de réaliser des économies d'énergie de 20 % à 50 % et de prolonger la durée de vie et la capacité de l'infrastructure des centres de traitement des données existants. Voici quelques-unes des possibilités de réaménagement :

  - *Optimisation de la température spatiale* – La température spatiale devrait être conçue pour l'équipement et non le personnel. La publication d'ASHRAE, *Thermal Guidelines for Data Processing Environments*[26], énonce des recommandations concernant les débits d'air, la filtration, l'humidité et la température. L'éventail permis pour les températures liées à l'équipement de TI est de 15 à 31 °C, tandis que la norme ASHRAE 55 recommande un éventail de 20 à 27 °C pour le confort des occupants.
  - *Optimisation de la centrale* – En général, une centrale de refroidissement et des centrales de traitement de l'air (CTA) sont plus efficaces que des unités distribuées de climatisation de l'air. Commencez par un refroidisseur d'eau à vitesse variable efficace, ajoutez-y des CTA à haute efficacité et des composants à faible perte de pression et terminez par un système de contrôle intégré qui minimise la déshumidification inutile et le chauffage et le refroidissement simultanés.

[25] Calculateur d'économies d'énergie de Hammond Power Solution (HPS), hpstoolbox.com/ (en anglais seulement).

[26] ASHRAE, ashrae.org/resources--publications/bookstore/datacom-series#thermalguidelines (en anglais seulement).

Utilisez une réinitialisation de température pour permettre l'utilisation d'eau refroidie à température moyenne (13 °C ou plus). L'eau refroidie plus chaude améliore l'efficacité du système de refroidissement et élimine la nécessité de faire fonctionner le refroidisseur pendant plusieurs heures (refroidissement par la tour). Il est aussi possible, dépendant de la saison, de récupérer la chaleur à partir du refroidisseur afin de chauffer le reste du bâtiment durant la saison de chauffage.

- *Refroidissement naturel* – Pourvu que les conditions de température et d'humidité puissent être satisfaites, le refroidissement naturel devrait être considéré et peut se réaliser grâce à l'utilisation directe de l'air extérieur ou d'un économiseur à l'eau.
- *Réduction à une capacité appropriée* – Les systèmes de refroidissement des centres de traitement des données sont souvent surdimensionnés pour répondre aux charges futures ou incertaines. Par conséquent, ils fonctionnent souvent à des charges partielles inefficaces. Il est donc judicieux de concevoir la croissance modulaire de cet équipement mécanique. Incluez des ventilateurs, des pompes et des compresseurs à vitesse variable et installez de l'équipement de capacité appropriée. L'installation de systèmes en tenant compte des besoins futurs plutôt que réels fait en sorte que bon nombre de sous-systèmes fonctionnent inefficacement.
- *Refroidissement par liquide des supports et des serveurs* – Sur la base du volume, l'eau peut être jusqu'à 3 500 fois plus efficace que l'air et refroidit les serveurs et les appareils plus efficacement que l'air climatisé. Les supports et les serveurs refroidis par liquide, destinés aux centres de traitement des données de densité plus importante, sont actuellement offerts par un petit nombre de fabricants. Au fur et à mesure que la technologie s'améliore, ce procédé sera de plus en plus accepté sur le marché.

Enveloppe

La section qui suit décrit les options possible pour améliorer l'enveloppe du bâtiment (toit, murs, fondation, portes et fenêtres). Les paramètres les plus communs ayant une incidence sur le flux thermique traversant l'enveloppe du bâtiment sont la conduction, le rayonnement solaire et l'infiltration. La conduction a trait à la conductivité des matériaux de l'assemblage de l'enveloppe et à leur capacité de conduire un simple flux thermique de chaud à froid ou d'y résister. Le rendement de la résistance au flux thermique est souvent exprimé en valeurs RSI ou en valeurs R (vois l'encadré). Le rayonnement solaire procure les gains thermiques souhaités au moyen des fenêtres durant la saison de chauffage et les gains de chaleur non souhaités durant la saison de refroidissement. L'infiltration a trait aux fuites d'air par les éléments du bâtiment, par exemple autour des fenêtres, des portes, des intersections de l'enveloppe, des points de pénétration physique et des ouvertures mécaniques. La figure 10 montre comment la chaleur entre dans un bâtiment et en sort par l'enveloppe.

PARTIE 1

En plus des possibilités de réaménagements énergétiques, il existe des possibilités concernant l'amélioration de l'efficacité énergétique des **centres de traitement des données**, par exemple installer des serveurs homologués ENERGY STAR, concevoir des aménagements favorisant l'économie d'énergie (p. ex. configuration des couloirs froids et des couloirs chauds) et optimiser l'utilisation des serveurs grâce à la consolidation et la virtualisation.

Pour de plus amples renseignements : rncan.gc.ca/energie/produits/categories/centres-donnees/13744.

La valeur RSI (valeur R du système international) pour l'isolation est une mesure de la résistance thermique d'un matériau.

RSI est calculée en $m^2 \cdot K/W$.

R est calculée en pi. ca. · °F · h/Btu.

Conversion :

RSI = R ÷ 5,678

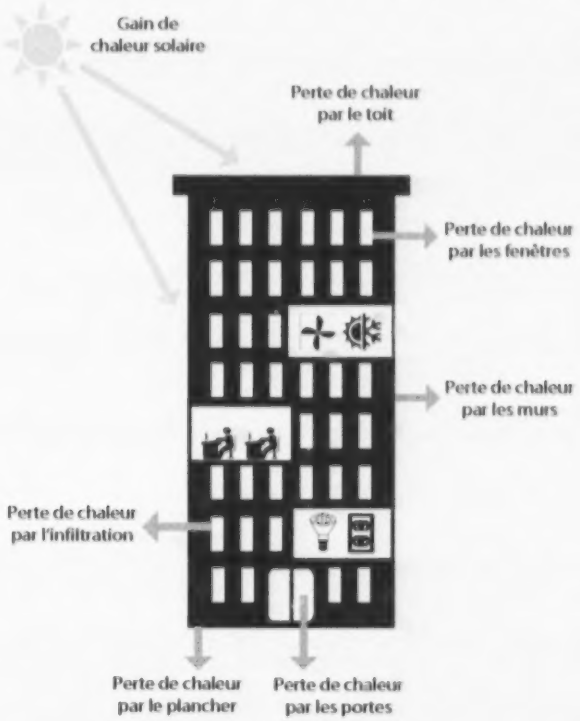
R = RSI × 5,678

1 RSI = R-5,678

PARTIE 1

Pour en savoir plus sur la construction de l'enveloppe du bâtiment en général, et sur les ponts thermiques en particulier, consultez le document préparé par Morrison Hershfield Ltd. *Building Envelope Thermal Bridging Guide*, disponible à BC Hydro (en anglais seulement).

Figure 10. Transfert thermique par l'enveloppe du bâtiment



La conduction est largement prise en compte par la quantité et la qualité des matériaux isolants et la réduction des ponts thermiques. Le rayonnement solaire est contrôlé par le coefficient de gain de chaleur solaire des fenêtres ou des éléments tels que les stores, les avant-toits et les auvents. L'infiltration est prise en compte par les pare-air et la qualité des joints d'étanchéité autour des ouvertures de l'enveloppe, et la qualité des coupe-froid pour les ouvertures mobiles (portes et fenêtres, registres de sortie et d'entrée lorsque fermés, etc.).

Liste des mesures relatives aux charges supplémentaires (enveloppe)

- ✓ Réduire l'infiltration
- ✓ Ajouter un pare-air
- ✓ Ajouter des matériaux isolants
- ✓ Améliorer les portes et fenêtres

- **Réduire l'infiltration :** L'infiltration, ou les fuites d'air, est le flux d'air incontrôlé qui traverse l'enveloppe (que ce soit l'air extérieur qui entre ou l'air conditionné qui sort). Les concepteurs savent que le problème existe, mais la plupart d'entre eux l'ignorent ou en tiennent compte lors de la conception des systèmes

PARTIE 1

de chauffage et de refroidissement. Il a été démontré que les répercussions de nature énergétique d'une infiltration inattendue sur la consommation d'énergie d'un bâtiment sont importantes. Puisque l'équipement de CVCA et les autres systèmes du bâtiment deviennent de plus en plus écoénergétiques, la perte d'énergie associée aux fuites par l'enveloppe du bâtiment représente un pourcentage encore plus grand de la consommation d'énergie totale du bâtiment.

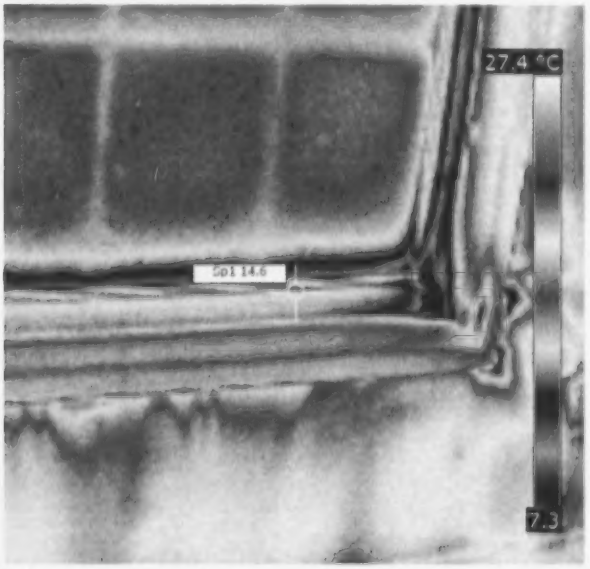
L'infiltration peut aussi être aggravée par un bâtiment pressurisé positivement ou négativement. On peut s'apercevoir des effets de la pressurisation d'un bâtiment lorsqu'on ouvre une porte : un flux d'air distinct sera ressenti soit en entrant dans le bâtiment, soit en en sortant. Bien que les hôpitaux aient des zones pressurisées négativement pour le contrôle des infections, la pression générale du bâtiment devrait être neutre ou légèrement positive pour minimiser l'infiltration. Cette condition peut se vérifier par la mesure des flux d'air d'alimentation et d'air évacué à l'aide d'un balancement d'air. Les déséquilibres peuvent être corrigés en tenant compte des écarts entre les flux d'air d'alimentation et les flux d'air évacué.

Certains signes d'infiltration sont évidents, tels que la lumière de l'extérieur observable autour d'une porte fermée; pour déterminer les autres signes, il faudra peut-être utiliser l'imagerie thermique, qui permet de visualiser les écarts de température. La figure 11 montre comment l'imagerie infrarouge peut aider à détecter les problèmes d'infiltration ou de faiblesse thermique de l'enveloppe (observez la température de surface basse associée à certaines parties de la fenêtre, du cadre de fenêtre et la structure de l'encadrement autour et en-dessous de la fenêtre).

La norme de l'ASTM*, énoncée dans l'*International Energy Conservation Code* de 2012 (IECC) et l'*International Green Construction Code* (IGCC), prescrit que le taux d'infiltration d'un bâtiment ne doit pas dépasser 2 l/s par mètre carré de surface murale (0,4 pied cube par minute par pied carré de surface murale) à un écart de pression de 75 Pa (colonne d'eau de 0,3 pouces).

*L'ASTM (anciennement l'American Society for Testing and Materials) est une organisation qui aide les entreprises à élaborer et mettre en œuvre des normes de consensus volontaires à l'échelle internationale.

Figure 11. Imagerie infrarouge montrant une fuite autour d'une fenêtre



PARTIE 1

Les poires à fumée sont un autre outil utilisé pour détecter les zones de fuite. Lorsque la poire est tenue près d'une fuite possible, le mouvement de la fumée indiquera s'il y a réellement une fuite ou non. Le bâtiment doit être pressurisé afin que cet outil de détection soit efficace.

L'infiltration peut être aggravée par l'effet de cheminée, qui est causé par de l'air chaud qui monte dans le bâtiment et qui s'échappe par les ouvertures situées sur le dessus de celui-ci. L'air chaud qui monte crée une pression négative à la base du bâtiment, tirant l'air extérieur dans les ouvertures et les zones de fuite. L'effet de cheminée s'inverse durant la saison de refroidissement, mais l'incidence est minimale en comparaison de la saison de chauffage. La portée de l'effet de cheminée est déterminée par la hauteur du bâtiment, la vitesse du vent et la qualité de l'étanchéité près du sommet du bâtiment. Les gaines d'ascenseur et les cages d'escalier constituent un chemin à faible résistance pour l'air montant, il est donc impératif que les zones de pénétration telles que les trappes de toit et les portes d'accès au toit soient bien étanchés.

La réparation des infiltrations est habituellement une mesure à faible coût, qui nécessite souvent l'ajout ou le remplacement de coupe-froid ou du calfeutrage. L'infiltration d'air peut provoquer de la condensation et l'accumulation d'humidité et peut aussi être une indication que de l'eau s'infiltre dans l'enveloppe du bâtiment. Ces deux problèmes peuvent entraîner la formation de moisissure et, dans certains cas, des dommages structuraux aux composantes de l'enveloppe. Ce risque additionnel accroît l'importance de corriger ces défectuosités. Un professionnel en science du bâtiment (ingénieur ou architecte) devrait être embauché pour faire les diagnostics à propos de l'enveloppe, qui sont nécessaires pour réparer correctement toutes les infiltrations d'air et d'eau, quelle que soit leur source.

- **Ajouter un pare-air :** Bien qu'elle soit moins évidente que les sources d'infiltration mentionnées ci-dessus, la présence d'un pare-air entourant l'enveloppe du bâtiment est essentielle à une étanchéité adéquate. Un système de pare-air efficace fournit une protection contre les fuites d'air et la diffusion d'air attribuable au vent, à l'effet de cheminée et aux écarts de pression causés par l'introduction mécanique d'air dans le bâtiment ou l'enlèvement mécanique d'air du bâtiment. Les bâtiments dotés d'un système de pare-air bien installé peuvent fonctionner efficacement avec un plus petit système de CVCA, parce que le système mécanique n'a pas à compenser les fuites. Dans certains cas, la réduction de la taille de l'équipement mécanique et la diminution de son coût peuvent compenser le coût d'un système de pare-air. Les bâtiments qui n'ont pas de pare-air — ou qui en ont, mais qui sont inefficaces — courent le risque de voir la durée de vie utile de leur enveloppe diminuer, ce qui nuit au confort des occupants et augmente les coûts d'énergie.

  Les pare-air peuvent être installés à l'extérieur d'un bâtiment à l'aide de plusieurs approches. Les matériaux pour pare-air et pare-eau combinés font partie des approches les plus communes. Les habillages de bâtiment appliqués

mécaniquement, les membranes autoadhérentes et les membranes appliquées à l'aide de fluide peuvent aussi être utilisés comme pare-air et pare-eau pour les murs extérieurs.

Les membranes appliquées à l'aide de fluide sont souvent l'approche privilégiée pour les pare-air, en raison de leurs détails simples et de leur relative facilité d'installation en comparaison de l'installation de matériaux en feuilles. Les membranes appliquées à l'aide de fluide pour les pare-air et les pare-eau sont utilisées depuis longtemps dans les systèmes d'isolation de façades avec enduit (SIFE) et deviennent de plus en plus communes avec d'autres types de gaines extérieures.

L'isolation et l'ajout d'un pare-air ou l'amélioration de sa continuité ont une incidence beaucoup plus grande sur les économies d'énergie que le simple ajout d'un élément d'isolation. Par exemple, la modélisation énergétique concernant un bâtiment de 5 000 m^2 situé à Toronto affichant un taux d'infiltration de référence de 7,9 l/s/m^2 (1,55 pi. cu./min/pi. ca.), rénové avec une couche isolante de 50 mm (2 po) sans aucune amélioration apportée au pare-air, a donné une amélioration écoénergétique de seulement 2 %. En comparaison, en ajoutant la même couche isolante et en réduisant le taux d'infiltration à 2,0 l/s/m^2 (0,4 pi. cu./min/pi. ca.), on a obtenu une amélioration écoénergétique de 12,6 %[27].

- **Ajouter des matériaux isolants :**

Isolation du toit

Étant donné que le toit d'un bâtiment peut être une source majeure de perte et de gain de chaleur, la meilleure façon de réduire le transfert de chaleur par le toit est d'ajouter des matériaux isolants. L'ajout de matériaux isolants peut s'effectuer sans déranger les activités des occupants du bâtiment et constitue une option qui devrait être examinée lorsque le cycle de vie suggère un remplacement du toit. Une analyse énergétique peut démontrer que les économies d'énergie sont assez importantes pour justifier le remplacement prématuré du toit afin d'ajouter des matériaux isolants.

Isolation des murs

On peut ajouter des matériaux isolants dans les cavités murales ou à l'enveloppe extérieure d'un bâtiment. L'ajout de matériaux isolants à l'enveloppe extérieure est la méthode la plus commune, étant donné la complexité et la nature interruptive de l'isolation par l'intérieur. De plus, une couche d'isolation continue à l'extérieur de l'ossature des murs comporte un rendement supérieur par rapport à une couche d'isolation non continue dans les cavités murales. L'ajout de matériaux isolants aux murs est souvent combiné au remplacement des fenêtres, étant donné que les baies de fenêtres ont parfois besoin d'être « délogées » pour convenir à l'augmentation de la profondeur de l'assemblage mural.

Dans la perspective du cycle de vie, le **meilleur moment pour augmenter les niveaux d'isolation du toit** est lors de son remplacement. En procédant ainsi, on a l'avantage d'intégrer le coût d'investissement dans le plan de gestion des actifs du bâtiment et d'isoler le coût différentiel de l'isolation additionnelle pour l'analyse des coûts-avantages des réaménagements énergétiques.

CNÉB de 2011 – Valeurs RSI minimales pour les murs et le toit pour les zones climatiques 5, 6 et 7 :

Zone 5
(p. ex. Vancouver, Toronto)
Murs 3,597 m^2·K/W (R-20)
Toit 5,464 m^2·K/W (R-31)

Zone 6
(p. ex. Ottawa, Montréal)
Murs 4,049 m^2·K/W (R-23)
Toit 5,464 m^2·K/W (R-31)

Zone 7A
(p. ex. Edmonton)
Murs 4,762 m^2·K/W (R-27)
Toit 6,173 m^2·K/W (R-35)

[27] Répercussions évaluées à l'aide d'un modèle énergétique interne d'Arborus Consulting.

PARTIE 1

Option du toit blanc : Un « toit blanc » fait dériver la chaleur solaire loin du toit, plutôt que la transférer à la masse du bâtiment. Les toits blancs augmentent le confort des occupants en gardant le bâtiment plus frais durant l'été; par conséquent, les besoins de climatisation de l'air sont diminués, ce qui permet d'économiser sur les coûts énergétiques associés à la climatisation de l'air. De plus, un toit blanc réfléchissant reçoit une charge solaire moins grande sur la membrane, ce qui pourrait augmenter sa durée de vie utile.

Cependant, sous un climat dominé par le chauffage, le pendant des économies d'énergie associées à la climatisation de l'air est la perte de gains de chaleur bénéfiques durant la saison de chauffage. Les résultats dépendent généralement du site, en fonction de facteurs tels que l'inclinaison du toit et la charge de neige.

Pour en savoir plus sur les toits blancs, consultez le coolroofs.org (en anglais seulement).

- **Améliorer les portes et fenêtres :**

Fenêtres

Les fenêtres ont une incidence sur les coûts d'exploitation d'un bâtiment et sur la santé, la productivité et le bien-être des occupants. Non seulement elles ont une influence dominante sur l'apparence et l'environnement intérieur d'un bâtiment, mais elles peuvent aussi être un des composants les plus importants à avoir une incidence sur la consommation d'énergie et la demande d'électricité de pointe.

Les gains et les pertes de chaleur par les fenêtres peuvent représenter une portion importante des charges de chauffage et de refroidissement d'un bâtiment. L'utilisation de la lumière naturelle peut réduire les charges d'éclairage électrique et améliorer l'environnement intérieur. Par conséquent, au moment de donner les spécifications ayant trait au remplacement des fenêtres, la qualité de la lumière introduite dans les bâtiments ainsi que le rendement thermique doivent être considérées.

Choix de fenêtres

Dans toutes les zones climatiques du Canada, les besoins sont dominés par le chauffage plutôt que le refroidissement. Ainsi, vos fenêtres devraient être choisies en fonction des critères suivants :

- **Minimiser la perte de chaleur** en choisissant la valeur U la plus faible (valeur RSI la plus élevée) pour l'assemblage entier.
- **Minimiser l'émissivité des fenêtres** en choisissant des fenêtres à faible émissivité afin de minimiser le rayonnement thermique.
- **Contrôler les gains de chaleur solaire** – Le coefficient de gain de chaleur solaire (CGCS) peut différer selon l'orientation afin de permettre des gains solaires bénéfiques d'un côté (p. ex. mur orienté au sud avec un CGCS de 0,6), tout en limitant les gains solaires des autres côtés (p. ex. murs orientés à l'est et à l'ouest avec un CGCS de 0,25) pour assurer le confort des occupants au début et à la fin de la journée.
- **Maximiser la transmittance de la lumière visible** (T_{VIS}) de l'éclairage naturel[28].

L'encadré à la page 38 présente une discussion plus détaillée sur chacun de ces critères, ainsi que sur les divers assemblages et composantes.

[28] Le CGCS influencera la T_{VIS} résultante; plus le CGCS est faible, plus la T_{VIS} sera basse. Autrement dit, un ombrage accru pour éviter les gains de chaleur diminue la T_{VIS}.

Le taux de perte de chaleur par une fenêtre est exprimé en facteur U. Plus le facteur U est bas, plus la résistance de la fenêtre (valeur RSI) au flux thermique est élevée, et meilleures sont ses propriétés isolantes.

Parmi tous les composants d'une enveloppe de bâtiment, ce sont les fenêtres qui ont le plus faible rendement thermique. Même les meilleures fenêtres possèdent des valeurs RSI inférieures aux pires murs et aux pires toits. En outre, les fenêtres représentent une source commune de fuite d'air, ce qui fait qu'elles sont la plus importante source de perte et de gain de chaleur non souhaités dans les bâtiments.

Portes

Les portes peuvent être considérées de la même façon que les fenêtres mobiles, en ce sens qu'elles se composent typiquement de sections opaques isolantes et d'unités de vitrage isolant (UVI), et qu'il y a souvent des zones importantes de fuite d'air entre les éléments fixes et les éléments mobiles. Les portes modernes possèdent des propriétés thermiques supérieures et sont dotées de meilleurs coupe-froid.

Conformément à la voie prescriptive du CNÉB, les bâtiments neufs doivent être conçus avec des vestibules et des dispositifs de fermeture automatique pour toutes les portes d'entrée ordinaires. Étant donné que les avantages liés aux économies d'énergie et au confort s'appliquent aux bâtiments existants, les vestibules devraient être ajoutés lorsque c'est faisable.

Quais de chargement

Les portes sectionnelles des quais de chargement peuvent être une importante source de perte de chaleur en raison des mauvaises propriétés thermiques des portes, des infiltrations et des pratiques opérationnelles. Ces dernières années, les portes des quais de chargement ont été grandement améliorées, et il est recommandé que l'état des portes existantes soit examiné pour déterminer si un remplacement permettrait de corriger les problèmes associés au mauvais rendement.

Une analyse de rentabilisation encore plus convaincante recommande de considérer les joints d'étanchéité et les abris des quais, puisqu'ils constituent un obstacle environnemental qui réduit considérablement les infiltrations. Les joints et les abris peuvent être facilement rénovés à l'extérieur du bâtiment pour économiser l'énergie.

Fenêtres : Perte de chaleur

Le facteur U d'une fenêtre peut servir de référence pour l'assemblage entier de la fenêtre ou seulement pour l'unité de vitrage isolant (UVI). La méthode d'évaluation reconnue à l'échelle nationale par le National Fenestration Rating Council (NFRC) s'applique à la fenêtre entière, y compris le vitrage, le cadre et les intercalaires. Même si le facteur U du centre du vitrage sert aussi parfois de référence, il ne décrit que le rendement du vitrage sans les effets du cadre. Les facteurs U de l'assemblage sont plus élevés que ceux du centre du vitrage en raison de la transmission à la bordure du vitrage et des propriétés isolantes limitées du cadre. Les fenêtres à double vitrage haute performance peuvent avoir des facteurs U de 1,7 $W/m^2 \cdot K$ (0,30 Btu/h pi. ca. · °F) ou inférieurs, tandis que les fenêtres à triple vitrage peuvent avoir des facteurs U aussi bas que 0,85 $W/m^2 \cdot K$ (0,15 Btu/h pi. ca. · °F).

Fenêtres – Assemblage

Les fenêtres comprennent deux principaux composants : l'UVI et le cadre.

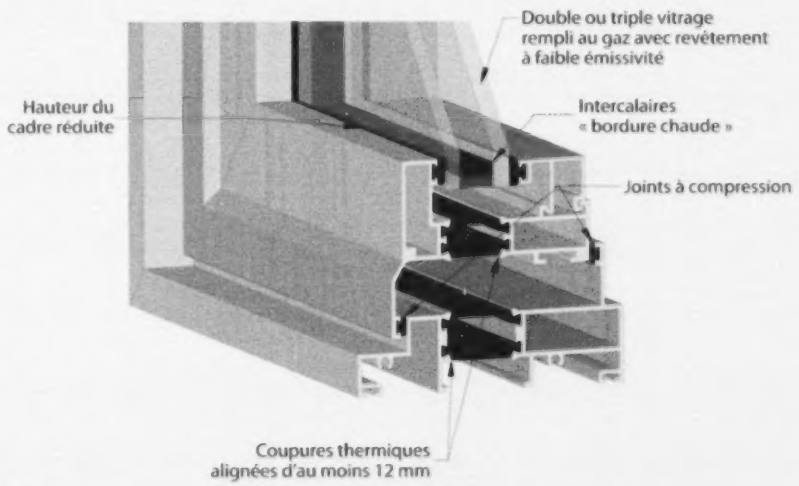
Le rendement de l'UVI est déterminé par :

- le nombre de vitrages (double ou triple)
- la qualité des intercalaires entre les vitrages
- le type de revêtement (p. ex. faible émissivité)
- le type de gaz dans l'UVI scellée
- la profondeur de l'espacement entre les vitrages

Le rendement du cadre est déterminé par :

- le matériau du cadre (conducteur ou non)
- la conductivité thermique de l'intercalaire (rupture thermique ou non).

Figure 12. Caractéristiques d'une fenêtre écoénergétique



Fenêtres – Intercalaires isolants

En ce qui a trait aux UVI, elles utilisent généralement des intercalaires métalliques. Ils sont typiquement faits d'aluminium, un matériau peu isolant, et les intercalaires utilisés dans les systèmes de bordure standards représentent un pont thermique important ou un « court-circuit » à la bordure de l'UVI. Cela réduit les avantages des vitrages améliorés. Les intercalaires de bordure chaude, faits de matériau isolant, sont un élément important des fenêtres écoénergétiques.

Fenêtres – Cadres

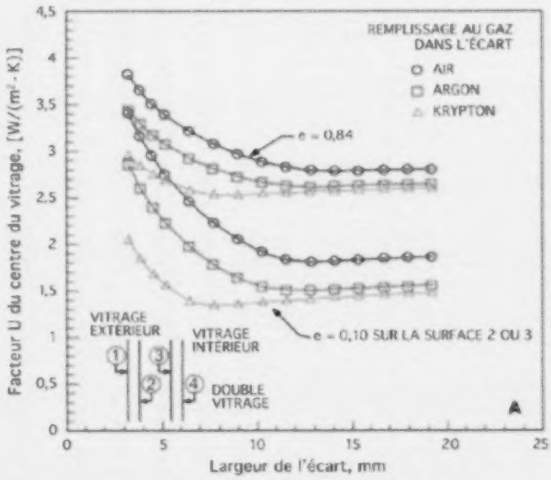
Le facteur U d'une fenêtre incorpore les propriétés thermiques du cadre et du vitrage. Étant donné que le châssis et le cadre représentent environ 10 % à 30 % de la surface totale d'un assemblage de fenêtre, les propriétés du cadre influencent de façon importante le rendement général de la fenêtre.

Au minimum, les cadres doivent être à rupture thermique pour un climat froid. Le facteur U global d'un cadre d'aluminium est amélioré de presque 50 % lorsqu'il est à rupture thermique. Les cadres non métalliques, par exemple en bois, en vinyle ou en fibre de verre, peuvent améliorer le facteur U de 70 % en raison des propriétés non conductrices du matériau et de l'option d'injecter du matériau isolant dans les cavités du cadre.

Fenêtres – Gaz de remplissage

Les fabricants utilisent généralement des gaz de remplissage à l'argon ou au krypton, qui offrent une amélioration mesurable du rendement thermique de l'UVI. Ces deux gaz sont inertes, non toxiques, transparents et inodores. Le krypton a un meilleure rendement thermique que l'argon, mais est plus dispendieux. La figure 13 illustre le rendement relatif des gaz de remplissage à l'air, à l'argon et au krypton.

Figure 13. Rendement thermique des gaz de remplissage



Source : © *ASHRAE Handbook – Fundamentals*. 2013. ashrae.org (en anglais seulement)

Fenêtres – Revêtements

Les revêtements de fenêtres peuvent avoir une incidence importante sur les charges de chauffage et de refroidissement d'un bâtiment. Le rendement de ces revêtements est généralement exprimé à l'aide de deux paramètres associés : l'émissivité et le coefficient de gain de chaleur solaire.

> **L'émissivité** est la capacité d'un matériau à émettre de l'énergie. Tous les matériaux, y compris ceux des fenêtres, émettent (ou rayonnent) de la chaleur. La réduction de l'émissivité d'une fenêtre peut améliorer considérablement ses propriétés isolantes.

Le verre transparent standard possède une émittance de 0,84, ce qui signifie qu'il émet 84 % de l'énergie possible et en reflète seulement 16 %. En comparaison, les revêtements en verre à faible émissivité peuvent avoir une émittance aussi basse que 0,04, émettant seulement 4 % de l'énergie et reflétant 96 % du rayonnement infrarouge à ondes longues. Une faible émittance réduit les pertes de chaleur l'hiver en reflétant la chaleur pour qu'elle retourne dans le bâtiment et réduit les charges de refroidissement l'été en reflétant la chaleur radiante loin du bâtiment.

> **Le coefficient de gain de chaleur solaire** (CGCS) est un rapport indiquant la quantité de chaleur solaire pouvant passer à travers le produit (gain d'énergie solaire). Plus le nombre est élevé, plus le gain d'énergie solaire est important. Le CGCS est un nombre situé entre 0 et 1. Les produits ayant un CGCS de moins de 0,30 sont considérés comme ayant un faible gain d'énergie solaire, tandis que ceux ayant un CGCS au-dessus de ce seuil sont considérés comme ayant un gain d'énergie solaire élevé.

Sous un climat dominé par le chauffage, les fenêtres ayant un faible CGCS mèneront à une baisse de charges en refroidissement, mais une hausse en besoins de chauffage en raison de la perte de gains de chaleur souhaités l'hiver. Dans certains cas, le CGCS peut varier en fonction de l'orientation du bâtiment. Par exemple, sur la façade ouest d'un bâtiment, le CGCS serait conçu pour être plus faible que sur la façade sud en raison de l'angle bas du soleil et de la charge solaire plus élevée en après-midi et le soir durant les mois d'été. Cela aura une incidence importante sur le confort des occupants travaillant sur la façade ouest. Enfin, le CGCS influencera la transmittance de la lumière visible (T_{VIS}) résultante; plus le CGCS est faible, plus la T_{VIS} sera basse. Autrement dit, un ombrage accru pour éviter les gains de chaleur diminue la T_{VIS} et la possibilité d'éclairage naturel qui en résulte.

Fenêtres – Technologies de pointe émergentes

Des technologies de vitrage émergentes sont désormais offertes, ou le seront sous peu. Les vitrages isolés sous vide améliorent le transfert thermique en abaissant les facteurs U. Les vitrages adaptables, comme ceux dotés de technologies électrochromiques, modifient les propriétés dynamiques pour contrôler les gains de chaleur solaire, la lumière naturelle, l'éblouissement et la vue. Les capteurs solaires à piles photovoltaïques intégrées faisant appel aux systèmes de fenestration qui génèrent de l'énergie peuvent aussi faire partie de l'enveloppe du bâtiment.

> **Recommandation :** Pour déterminer quelles spécifications de fenêtres permettront de faire les meilleures économies d'énergie et procureront le meilleur confort aux occupants, il est recommandé de développer un modèle énergétique à l'échelle du bâtiment. Une fois que la géométrie du bâtiment, les propriétés thermiques et la configuration du système sont entrées dans le modèle, des spécifications de fenêtres différentes peuvent ensuite être mises à l'essai. Vous pouvez communiquer avec un spécialiste de la modélisation énergétique qui vous aidera à effectuer cette analyse.

PARTIE 1

Amélioration des systèmes de distribution de l'air

Le système de CVCA gère la température, l'humidité, la qualité et le mouvement de l'air dans les bâtiments, ce qui en fait un système critique pour le confort, la santé et la productivité des occupants.

Dans les hôpitaux, où le contrôle de la qualité de l'air est primordial, l'équipement de distribution de l'air joue un rôle important dans la prévention de la propagation des infections. La plupart des bâtiments basent leurs taux de renouvellement d'air sur la norme ASHRAE 62, qui spécifie la quantité minimale d'air extérieur à fournir, selon son type et son utilisation; les hôpitaux doivent porter une attention particulière au contrôle des infections, comme le stipule la norme CSA Z317.13-12 : *Fundamentals of Infection Control During Construction, Renovation and Maintenance of Health Care Facilities.*

Les hôpitaux doivent être divisés en zones stratégiques afin de fournir des espaces d'isolement et pressurisés négativement afin de minimiser le risque de transmission de toute maladie infectieuse. Même en tenant compte de ces considérations additionnelles en matière de conception, il existe des possibilités de minimiser l'effet de la consommation d'énergie en réduisant les taux de renouvellement d'air lorsque les espaces sont inoccupés.

Réaménagements

L'approche recommandée est de commencer par l'évaluation des possibilités dans la zone (espace conditionné) et de remonter par la suite vers la centrale de traitement de l'air (CTA). Par exemple, dans un système à DAV, la réparation ou le remplacement des contrôles des registres de zone se traduira par un confort accru des occupants, d'une part, et par la diminution de la quantité d'air conditionné sollicitée auprès de la CTA, d'autre part.

Le conditionnement de l'air extérieur est une des tâches les plus énergivores qu'effectue le système de CVCA; alors votre première étape devrait consister à minimiser la quantité d'air extérieur devant être conditionné. Bon nombre de nouveaux systèmes sont conçus de façon à offrir une fonction à DAV, une efficacité accrue du système de renouvellement et de distribution de l'air et des contrôles supérieurs. Les systèmes dédiés à l'air extérieur sont aussi de plus en plus adoptés dans la conception de bâtiments plus avancée en tant que stratégie pour réduire le conditionnement nécessaire de l'air extérieur. L'optimisation du système de distribution de l'air permet non seulement de faire des économies d'énergie et de maintenir ou d'améliorer la qualité de l'air intérieur, mais peut aussi permettre de faire encore plus d'économies en réduisant la capacité de l'équipement de chauffage et de refroidissement requis.

Exemple :
Hôpital Kingston General
Kingston (Ontario)

L'installation de sept nouveaux systèmes de traitement de l'air et de nouveaux contrôles de bâtiment dans le service de travail et d'accouchement, dans certaines salles d'opération et sur deux étages de soins médicaux a permis de faire des économies de plus de 100 000 $ par année. Les unités et les pompes du système de CVCA ont été dotées de moteurs électriques à haute efficacité et d'entraînements à fréquence variable.

Source : SaveOnEnergy (en anglais seulement).

PARTIE 1

Les systèmes de traitement de l'air comportent de nombreux composants qui ont une incidence sur leur fonctionnement et leur rendement. Les améliorations au système de distribution de l'air peuvent être classées dans quatre catégories :

- Ajustement des taux de renouvellement de l'air pour être conforme aux exigences du Code ou répondre aux besoins des occupants
- Mise en place des commandes qui produisent des économies d'énergie
- Recours au refroidissement naturel, lorsque c'est possible
- Optimisation de l'efficacité des composants du système de distribution de l'air

Liste des mesures relatives aux systèmes de distribution de l'air

- ✓ Commencer par les mesures de premier ordre
- ✓ Utiliser un système de ventilation selon la demande
- ✓ Redimensionner les ventilateurs
- ✓ Installer des entraînements à vitesse variable
- ✓ Remplacer les filtres à air existants par des épurateurs d'air électroniques
- ✓ Installer un système de récupération de la chaleur sur les flux d'air évacué
- ✓ Installer des dispositifs de chauffage solaire de l'air dans les systèmes d'air d'appoint
- ✓ Installer un système de récupération de chaleur hydronique
- ✓ Installer un système à débit de réfrigérant variable
- ✓ Remplacer le système de distribution d'air mélangé par un système dédié à l'air extérieur
- ✓ Remplacer le système de ventilation mixte par un système de ventilation par déplacement d'air
- ✓ Remplacer les humidificateurs à vapeur par des humidificateurs à atomisation

- **Commencer par les mesures de premier ordre :** Les mesures de premier ordre visent à réduire la charge à l'échelle de la zone en vue de diminuer les exigences à l'endroit des systèmes de traitement de l'air et des systèmes connexes de chauffage et de refroidissement. L'optimisation des conditions et du rendement de l'espace à l'échelle de la zone permet d'équilibrer les besoins des occupants et la nécessité de minimiser l'énergie nécessaire pour offrir des conditions confortables. Un programme de commissioning de bâtiment existant (CxBE) est souvent la première étape de ce processus d'optimisation.

  La phase d'évaluation d'un programme de CxBE nécessite la collecte des conditions de configuration et de fonctionnement des systèmes de traitement de l'air d'un bâtiment. Les réglages des thermostats, les calendriers opérationnels et le fonctionnement des registres sont des exemples d'éléments qui seraient confirmés

et documentés dans le rapport de commissioning initial, accompagnés de toutes les déficiences nécessitant des correctifs durant la phase de mise en œuvre.

Consultez la phase Commissioning des bâtiments existants pour connaître la liste des mesures opérationnelles potentielles.

- **Utiliser un système de ventilation selon la demande (VSD) :** Un système de VSD permet de s'assurer qu'un bâtiment est bien ventilé tout en minimisant les flux d'air extérieur. En général, des capteurs sont utilisés pour surveiller continuellement les taux de CO_2 dans l'espace conditionné, permettant à la CTA de moduler le taux de renouvellement de l'air extérieur pour qu'il corresponde à la demande établie en fonction des besoins d'occupation de l'espace ou de la zone (le CO_2 est considéré comme un indicateur du niveau d'occupation; plus le taux de CO_2 est élevé, plus il y a de gens dans l'espace et, par conséquent, plus la quantité d'air extérieur requise est élevée).

  Historiquement, les systèmes de ventilation des bâtiments étaient conçus pour fonctionner selon des taux de renouvellement d'air constants ou prédéterminés, sans égard aux niveaux d'occupation. Puisque les taux de renouvellement d'air reposent normalement sur les taux d'occupation maximums, le fonctionnement des ventilateurs et le conditionnement de l'air extérieur excédentaire engendrent un gaspillage d'énergie durant les périodes d'occupation partielle.

  Les systèmes de VSD tentent continuellement d'établir une correspondance entre l'approvisionnement en air extérieur et les niveaux d'occupation réels, ce qui entraîne d'importantes économies d'énergie en comparaison d'un système à débit d'air constant. Des capteurs de CO_2 devraient être utilisés dans les zones d'occupation dense et présentant des modèles d'occupation très variables, par exemple les salles d'attente et les cafétérias. Pour ce qui est des autres zones, des capteurs d'occupation ou des capteurs de CO_2 dans l'air de retour devraient être utilisés pour réduire la ventilation lorsqu'une zone est temporairement inoccupée. Les contrôles d'économiseur devraient toujours avoir la priorité sur les systèmes de VSD dans les séquences de contrôle.

- **Redimensionner les ventilateurs :** Les moteurs de ventilateurs surdimensionnés engendrent un faible facteur de puissance, et puisque la majorité des services publics exigent des frais additionnels en fonction des facteurs de puissance inférieurs à 90 %, des ventilateurs de capacité appropriée peuvent permettre d'économiser sur les coûts d'électricité et les coûts liés à la demande.

  Le remplacement des ventilateurs par des unités plus petites et de capacités appropriées comporte un faible coût initial et offre un meilleur confort aux occupants, en plus de prolonger la durée de vie des équipements. Au moment de choisir un moteur de capacité appropriée, considérez de faire une mise à niveau en choisissant un moteur à rendement supérieur, d'installer un entraînement à vitesse variable (EVV) et d'utiliser des courroies écoénergétiques afin de faire les meilleures économies.

VSD dans les garages

Similaire au système de VSD d'un bâtiment, la ventilation dans les garages fermés ou partiellement fermés peut passer de constante à variable en fonction de la demande. La demande se mesure généralement à l'aide des concentrations de polluants émis par les véhicules, dont l'indicateur est habituellement le CO.

Le facteur de puissance est le ratio de puissance réelle par rapport à la puissance apparente. Un ratio plus élevé (proche de 1) signifie que ces deux valeurs sont plus proches l'une de l'autre, ce qui se traduit par des pertes réduites sur le plan de l'équipement de distribution électrique et des services publics.

PARTIE 1

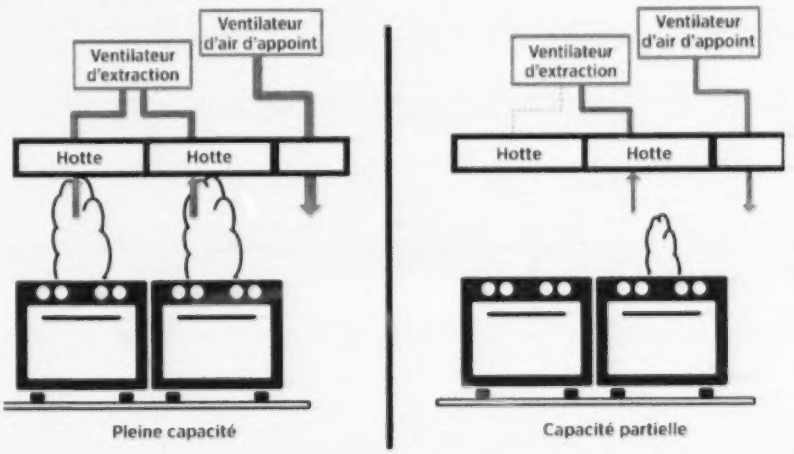
Air d'évacuation des hottes de cuisine

Les systèmes de VSD peuvent aussi s'appliquer aux cuisines des hôpitaux; cependant, au lieu de contrôler la ventilation à l'aide de capteurs de CO_2, les ventilateurs d'extraction sont contrôlés en fonction de la température, des capteurs optiques ou infrarouges qui surveillent l'activité de cuisine ou d'une communication directe avec les appareils de cuisson.

L'équipement de préparation des aliments et la ventilation de cuisine peuvent consommer beaucoup d'énergie dans les cuisines des hôpitaux. L'air d'évacuation des hottes est la plus importante source de cette consommation d'énergie. La première étape pour réduire la consommation d'énergie est donc de réduire le débit d'air en utilisant des hottes à haute efficacité, qui présentent des taux peu élevés de captage et de retenue du débit d'air. La deuxième étape consiste à utiliser un système de VSD pour réduire davantage le débit d'air d'évacuation lorsqu'aucune cuisson n'est effectuée sous la hotte, comme l'illustre la figure 14.

En présence d'un système de VSD pour la cuisine, la hotte fonctionne selon un régime de débit d'air maximal chaque fois qu'une activité de cuisson est effectuée au maximum de sa capacité, mais ce fonctionnement est réduit lorsque l'activité de cuisson diminue. Le système contrôle à la fois le ventilateur d'air d'appoint et le ventilateur d'extraction afin d'assurer l'équilibre du système de ventilation. Ce genre de système peut engendrer des économies d'énergie de 60 % ou plus par rapport à la ventilation dans les cuisines[29].

Figure 14. Contrôle de la ventilation selon la demande dans une cuisine commerciale



[29] energystar.gov/about/2015-emerging-technology-award-demand-control-kitchen-ventilation (en anglais seulement)

- **Installer des entraînements à vitesse variable :** Les EVV sont une option de réaménagement efficace et économique pour tout ventilateur ou toute pompe à charge variable. Les EVV font varier la vitesse du moteur en fonction des conditions de fonctionnement réelles, plutôt que de les faire fonctionner continuellement à plein régime. Lorsqu'on les utilise pour contrôler les ventilateurs et les pompes, une réduction de 20 % de la vitesse de ces derniers peut entraîner une diminution de la consommation d'énergie de près de 50 %.

  Les EVV sont un composant important d'un système à DAV écoénergétique. Au fur et à mesure que les charges diminuent et que les terminaux à DAV se ferment, la vitesse du ventilateur peut être réduite conformément. Bon nombre des systèmes à DAV existants sont configurés avec une vitesse de ventilateur constante et un registre de contournement, où l'excédent d'air qui n'est pas acheminé aux points d'échange est déchargé dans la chambre de distribution d'air de retour. Voilà un mauvais concept, mais qui a tout de même été adopté, étant donné son coût d'installation plus économique.

- **Remplacer les filtres à air existants par des épurateurs d'air électroniques :** Les épurateurs d'air électroniques utilisent deux technologies de filtration : un filtre passif qui dépend de la densité pour capter les contaminants, ainsi qu'une attraction électrostatique pour améliorer la filtration. Ils présentent plusieurs avantages pour les systèmes de CVCA :
  - *Réduction de la puissance du ventilateur* – La baisse de pression statique entraînée par les épurateurs d'air électroniques correspond généralement à 250 Pa (1 pouce) de moins que celle des filtres à air conventionnels. Cela diminue la consommation d'énergie par le ventilateur ou permet de choisir de plus petits ventilateurs si la CTA existante doit être remplacée.
  - *Amélioration de la qualité de l'air intérieur* – Les épurateurs d'air électroniques peuvent filtrer les émissions provenant des autos, les bactéries ainsi que les composés organiques volatils provenant des tapis, des meubles et des produits de nettoyage. En améliorant la qualité de l'air intérieur, les installations peuvent réussir à diminuer les niveaux d'air extérieur grâce à un programme de surveillance afin de faire encore plus d'économies d'énergie.
  - *Prolongation de la durée de vie utile et diminution de l'entretien* – Les épurateurs d'air électroniques ont des besoins d'entretien moins importants que les filtres à air conventionnels, dont les préfiltres doivent généralement être changés tous les trois mois.

Installations de laboratoires

Les laboratoires font des diagnostics pour les services de soins de santé prodigués dans l'hôpital. En plus de l'équipement de laboratoire, l'installation peut être équipée de hottes et d'enceintes de sécurité biologique, soumises à des exigences spécifiques en matière d'évacuation d'air et d'air d'appoint. Pour économiser de l'énergie, l'air évacué et l'air d'appoint devraient obéir à un système à débit variable et à un système de récupération de chaleur ou d'énergie provenant du flux d'air évacué.

La manière la plus simple de réduire l'énergie nécessaire au fonctionnement des hottes est de s'assurer que le volet à guillotine est toujours à la position la plus basse possible. Cette simple mesure peut diminuer considérablement la quantité d'énergie consommée et garantit l'environnement de travail le plus sécuritaire.

À la Toronto Medical Discovery Tower, une campagne de sensibilisation a été conçue pour rappeler aux utilisateurs des laboratoires de fermer les hottes. Seulement la moitié des hottes étaient auparavant fermées lorsqu'elles n'étaient pas utilisées; un an après la campagne, la conformité atteignait presque 100 %.

Source : University Health Network (en anglais seulement)

- **Installer un système de récupération de la chaleur sur les flux d'air évacué :** La chaleur récupérée de l'air évacué d'un bâtiment peut servir à préconditionner l'air de ventilation du bâtiment. Cependant, le type de récupération dépendra des espaces qui nécessitent une séparation complète du flux d'air évacué et des espaces qui peuvent accepter l'air de retour et l'air évacué dans l'air d'alimentation. Par exemple, dans les aires réservées aux patients, l'air d'alimentation ne doit pas être contaminé par l'air évacué (pour des raisons de contrôle des infections), tandis que les bureaux administratifs peuvent recevoir de l'air mélangé qui comprend de l'air de retour provenant de leur espace.

  Il existe plusieurs systèmes de récupération de la chaleur :

  Les *noyaux de récupération de chaleur* contiennent un noyau de flux transversal où l'air extérieur et l'air évacué, séparés par de minces parois d'aluminium ou de plastique, passent par de petits canaux qui permettent l'échange rapide de chaleur entre les flux d'air. Puisque les flux d'air sont séparés, ces ventilateurs récupèrent principalement la chaleur sensible, avec une efficacité entre 55 % et 65 %.

  Les *roues thermiques à récupération d'énergie ou roues enthalpiques* sont des roues dont la moitié est disposée dans le flux d'air évacué, et l'autre moitié, dans le flux d'air extérieur. La roue tourne continuellement, permettant à la chaleur et à l'humidité d'être absorbées à partir d'un flux d'air pour être ramassées par l'autre flux d'air, plus frais et généralement plus sec; ce procédé permet le transfert d'énergie latente en plus que d'énergie sensible. Les roues thermiques à récupération d'énergie ont généralement un bon rendement en matière de récupération de chaleur, leur efficacité sensible variant entre 60 % et 72 %, et leur efficacité latente, entre 50 % et 60 %. Les roues thermiques à récupération d'énergie sont acceptables dans un contexte hospitalier, pourvu que les contaminants contenus dans le flux d'air évacué ne soient pas introduits dans le flux d'air d'alimentation.

  Les *appareils à flux d'air inversé* sont dotés de deux grandes cartouches métalliques (généralement en aluminium) ayant une masse thermique élevée. Dans ces appareils, un grand registre sert à créer une alternance séquentielle entre le flux d'air évacué et le flux d'air extérieur entre les deux cartouches. La masse thermique des cartouches est utilisée pour emmagasiner et libérer alternativement de l'énergie lorsque la direction du flux est inversée. Les appareils à flux inversé, qui ont une efficacité sensible de 90 % l'hiver, sont les appareils de récupération de chaleur les plus efficaces offerts sur le marché; cependant, ils peuvent être assez dispendieux et peuvent nécessiter des changements structuraux à la toiture. C'est pourquoi une analyse du coût-avantage global sur le cycle de vie devrait être effectuée avant de choisir cette option.

Les *serpentins à circulation forcée* sont le premier choix lorsque les flux d'air doivent rester entièrement séparés. Dans ces systèmes, la chaleur sensible transportée par l'air évacué est transférée au flux d'air d'alimentation indirectement, en passant par un milieu liquide (eau ou glycol) dans le circuit pompé. Dans un système de serpentins à circulation forcée, les échangeurs de chaleur de l'air d'alimentation et de l'air évacué peuvent être situés à des endroits complètement séparés. L'efficacité sensible des systèmes de serpentins à circulation forcée varie de 50 % à 75 %, selon la vitesse de circulation de l'air, la conception des serpentins et les contrôles.

- **Installer des dispositifs de chauffage solaire de l'air dans les systèmes d'air d'appoint :** Ce type de système est bien adapté pour préchauffer l'air extérieur dans les cas où la récupération de chaleur est impossible, ou lorsque les systèmes de ventilation sont conçus pour surventiler. Les capteurs solaires peuvent être montés sur un mur ou sur un toit. Les systèmes montés sur un toit doivent respecter les distances de séparation par rapport aux flux d'air évacué et aux évents de plomberie pour prévenir la contamination du flux d'air d'appoint.

  Dans des conditions favorables (p. ex. faible vent), les capteurs ont une efficacité de près de 90 % et peuvent fournir entre 493 et 1 031 kWh/m^2 (superficie du capteur) par année. Les coûts varient entre 530 $ et 700 $ le capteur, chaque capteur pouvant avoir un rendement de 118 l/s (250 pi. cu./min). Les coûts totaux du système varient entre 15 $ et 17 $ le l/s (7 $ ou 8 $ le pi. cu./min).

- **Installer un système de récupération de chaleur hydronique :** La demande de chaleur dans un hôpital comprend trois grandes catégories : chauffage par système de ventilation centrale, pertes par l'enveloppe, chauffage dans les zones (réchauffage des zones). Bon nombre d'hôpitaux possèdent des systèmes d'air d'alimentation extérieur à 100 % avec récupération de chaleur air-air. Cependant, ces systèmes ne récupèrent la chaleur que lorsque l'air de ventilation doit être chauffé. Pendant une bonne partie de l'année, une plus grande quantité d'énergie est disponible dans l'air évacué que ne peut être récupérée pour l'air d'alimentation. Pour capter cette énergie disponible, un refroidisseur de récupération de chaleur peut récupérer la chaleur additionnelle provenant du flux d'air évacué et la transmettre aux serpentins dédiés au réchauffage par zone. Une étude menée sur les améliorations réalisées à un hôpital de l'état de Washington a révélé que 93 % de l'énergie de réchauffage par zone était fournie par un refroidisseur de récupération de chaleur ayant en moyenne un coefficient de performance (COP, pour l'anglais, *coefficient of performance*) de 4,0 (une unité d'énergie d'entrée et quatre unités d'énergie de sortie). L'avantage de ce système est le transfert de chaleur dans les zones avec une efficacité de chauffage de 400 % par rapport à un système de chaudière ayant une efficacité de 80 % à 90 %. Cette étude a par ailleurs démontré que l'hôpital de 32 500 m^2 avait économisé 120 000 $ par année grâce à cette amélioration[30]. Consultez la

PARTIE 1

Exemple :
Hôpital Hotel Dieu
Kingston (Ontario)

À l'hôpital Hotel Dieu, on a installé un nouveau refroidisseur de 890 kW (250 tonnes) à consommation réduite de vapeur. Il fonctionne comme un refroidisseur de récupération de chaleur l'hiver en extrayant la chaleur provenant de l'air évacué du bâtiment et en le retournant au bâtiment sous forme de chaleur. Ainsi, les économies d'énergie réalisées par cette amélioration ont servi à payer l'équipement qui devait être remplacé.

Source : SaveOnEnergy

[30] McClanathan, Jeremy. 2014. *ASHRAE Journal*. Juin 2014.

PARTIE 1

liste des mesures relatives aux systèmes de chauffage de l'eau domestique à la section Redimensionnement et remplacement des systèmes de chauffage et de refroidissement pour plus de renseignements sur les refroidisseurs de récupération de chaleur.

- **Installer un système à débit de réfrigérant variable (DRV) :** Les systèmes à DRV se composent de thermopompes distribuées, qui répondent aux besoins de conditionnement d'air des différentes zones. Ils peuvent être configurés pour fournir de la chaleur dans certaines zones et rafraîchir d'autres zones simultanément, une fonctionnalité requise par de nombreux bâtiments commerciaux durant les saisons intermédiaires et parfois toute l'année dans ceux qui ont de vastes zones intérieures. Par exemple, le côté sud d'un bâtiment peut jouir de gains de chaleur, et donc nécessiter un refroidissement, tandis que le côté nord nécessite un chauffage. Grâce à un système à DRV à tuyau triple, le rejet de chaleur est transféré aux zones nécessitant de la chaleur. Les systèmes à DRV sont 25 % plus efficaces que les systèmes de CVCA traditionnels; cependant, étant donné qu'ils dépendent exclusivement de l'électricité, généralement plus dispendieuse que le gaz naturel, une analyse des coûts-avantages devrait être réalisée pour déterminer si un système à DRV s'agit d'une option viable pour votre installation.

Les systèmes à DRV sont idéaux pour les réaménagements. Les unités de thermopompe sont petites, silencieuses et adaptables (peuvent être installées dans le vide du plafond); de plus, la tuyauterie de réfrigération entre les unités de thermopompe et les condensateurs est de petit diamètre. La taille du réseau de gaines du système de ventilation peut être diminuée, puisque seul l'air extérieur et l'humidification et déshumidification sont sollicités de la part du système central; les unités à DRV effectuent la totalité du chauffage et de la climatisation dans la zone.

- **Remplacer le système de distribution d'air mélangé par un système dédié à l'air extérieur :** En comparaison aux systèmes de distribution d'air standards, comme le système à DAV, un système dédié à l'air extérieur (DOAS, pour l'anglais, *dedicated outdoor air system*) distribue la bonne quantité d'air extérieur directement à chaque zone, ou du côté d'alimentation de chaque unité de CVCA locale. L'air extérieur peut être partiellement conditionné lorsqu'il entre dans le bâtiment par l'équipement de récupération d'énergie, et le conditionnement final peut être effectué par l'équipement de CVCA à l'échelle de la zone.

  Un DOAS nécessite généralement de 20 % à 70 % moins d'air extérieur qu'un système de distribution standard pour assurer une distribution adéquate d'air de ventilation dans chaque espace. Ainsi, la quantité d'énergie nécessaire pour conditionner l'air extérieur est moins importante. Un DOAS :

  - nécessite une quantité d'énergie de chauffage généralement moins élevée en raison d'une réduction du conditionnement de l'air extérieur;
  - élimine le réchauffage de zone;
  - nécessite globalement une capacité de refroidissement moins importante;
  - nécessite globalement une quantité d'énergie de refroidissement moins importante pendant une grande partie de l'année, en tirant profit de l'énergie de refroidissement latente déjà créée par l'unité dédiée à l'air extérieur;
  - nécessite un flux d'air ventilé moins important et, par conséquent, moins d'énergie de ventilation.

PARTIE 1

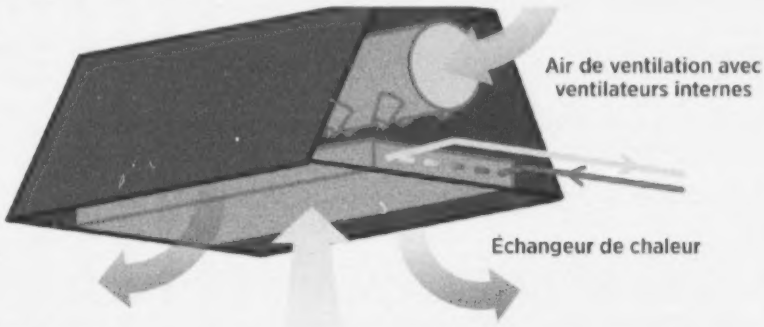
Poutres froides

Les systèmes à poutres froides sont un exemple de systèmes de conditionnement de l'espace qui ont été conçus pour être utilisés avec les DOAS.

Les poutres froides conditionnent l'air directement dans l'espace où elles sont situées. Malgré leur nom, elles peuvent servir tant au refroidissement qu'au chauffage. Bien qu'il existe deux types de poutres froides, passives et actives, seules les poutres froides actives conviennent aux zones climatiques canadiennes.

Les poutres froides actives sont conçues pour distribuer de l'air de ventilation par une buse qui induit de l'air ambiant par un serpentin refroidi ou chauffant dans la poutrelle avant de le mélanger avec l'air de ventilation. Une unité de distribution d'air de ventilation peut distribuer entre deux et six unités d'air secondaire par la poutrelle, réduisant considérablement le volume d'air requis de la part de la CTA.

Figure 15. Chauffage par poutres froides



- **Remplacer le système de ventilation mixte par un système de ventilation par déplacement d'air :** Les systèmes conventionnels de ventilation à débit d'air variable distribuent un mélange d'air extérieur et d'air intérieur dans un espace donné au moyen de diffuseurs plafonniers. La vitesse d'écoulement de l'air d'alimentation doit être assez élevée pour que l'air puisse atteindre la zone de respiration de la salle, et l'air d'alimentation doit être suffisamment mélangé avec l'air ambiant pour atteindre les points de consigne de température de l'espace. Le système de ventilation par déplacement d'air (DV, pour l'anglais, *displacement ventilation*) distribue de l'air à un niveau bas, plus près de la zone de respiration. L'air se déplace horizontalement à bas niveau et s'élève lorsqu'il rencontre une source de chaleur. Les polluants sont entraînés par l'air chaud montant, qui circule verticalement et ne se mélange pas avec l'air ambiant. L'air circulant à niveau élevé peut ensuite être évacué à l'extérieur ou retourné à la CTA pour être filtré. Le système de DV a donc une efficacité de ventilation supérieure à celle des systèmes conventionnels de distribution par diffuseurs plafonniers.

PARTIE 1

Exemple :
Hôpital St. Michael
Toronto (Ontario)

Le complexe principal de l'hôpital St. Michael a subi des réaménagements énergétiques majeurs en 2010. Les coûts annuels ont diminué de 19 %, et les émissions de gaz à effet de serre, de 7 000 tonnes. Voici quelques-unes des mesures prises par l'hôpital :

- remplacement du système d'humidification à vapeur par un système d'eau à haute pression;
- simplification du réseau de distribution de vapeur et installation d'un système de distribution d'eau chaude à haute température;
- installation d'un système d'eau chaude domestique à boucle unique fermée;
- installation de trois nouveaux refroidisseurs dotés de fonctions de récupération de la chaleur;
- mise hors service du refroidisseur d'absorption;
- optimisation du réseau d'eau refroidie;
- mise en œuvre d'un nouveau calendrier visant le système de ventilation.

Source : Hôpital St. Michael Energy Conservation and Demand Management Plan (en anglais seulement)

Les systèmes de DV peuvent être utilisés avec une CTA à DAV ou une unité installée sur un toit. En plus de leur efficacité de ventilation supérieure, ces systèmes sont aussi beaucoup plus silencieux que les systèmes conventionnels, une caractéristique attribuable à leurs moins grandes vitesses d'air d'alimentation. Les économies d'énergie s'effectuent comme suit :

- *Demande de refroidissement réduite* – L'air distribué peut atteindre 18 °C (65 °F) au lieu du traditionnel 13 °C (55 °F) en mode refroidissement. Cela économise l'énergie de refroidissement en réduisant la charge de l'équipement de refroidissement à l'eau et en augmentant les heures de refroidissement naturel dans un espace donné.
- *Volumes d'air extérieur réduits* – L'efficacité de ventilation supérieure des systèmes de DV permet une réduction des volumes d'air extérieur, réduisant l'énergie nécessaire pour chauffer et refroidir l'air d'alimentation.

- **Remplacer les humidificateurs à vapeur par des humidificateurs à atomisation :** Les humidificateurs à atomisation (aussi connus sous le nom d'humidificateurs « adiabatiques ») réduisent la charge de refroidissement et le gaspillage d'eau et, en présence de conditions chaudes et sèches, sont les systèmes d'humidification les plus écoénergétiques. Une pompe à haute pression propulse de l'eau non chauffée purifiée vers les buses de dispersion qui produisent des gouttelettes d'eau ultrafines. Plutôt que de chauffer l'eau pour produire de la vapeur, le système d'atomisation à haute pression utilise la chaleur déjà présente dans l'air pour faire évaporer ces gouttelettes.

Redimensionnement et remplacement des systèmes de chauffage et de refroidissement

La section qui suit aborde les deux principaux types de systèmes de chauffage et de refroidissement, central et autonome, ainsi que les systèmes d'eau chaude domestique.

Les systèmes centraux consistent de chaudières et de refroidisseurs qui alimentent les CTA et les convecteurs.

Les systèmes autonomes se caractérisent souvent par une unité combinée de chauffage-refroidissement, par exemple une unité de toit avec système de chauffage et de refroidissement par détente directe, complétée par un ventilateur d'alimentation et, possiblement, un ventilateur de retour.

Dans un souci de respecter l'approche de réaménagement par phases, l'équipement de chauffage et de refroidissement peut tirer profit des réductions de charge effectuées aux phases précédentes. Non seulement les systèmes de chauffage et de refroidissement bénéficieront-ils d'une efficacité améliorée de l'équipement, mais les capacités du système pourront aussi être réduites, permettant ainsi des

économies d'énergie encore plus importantes. De plus, nombreux systèmes existants sont surdimensionnés, alors il est possible de justifier le remplacement du système actuel par un système de capacité appropriée, ou de le réaménager pour qu'il soit plus efficace.

Systèmes de chauffage centraux

Les chaudières alimentent les hôpitaux en vapeur ou en eau chaude pour répondre à leurs besoins essentiels, par exemple le chauffage des locaux et les charges de procédés, notamment la stérilisation et l'humidification. Bon nombre de chaudières existantes ont plus de 20 ans et fonctionnent à des efficacités entre 60 % et 70 %, notamment en raison d'une mauvaise conception; d'un contrôle inadéquat; de défectuosités de la tuyauterie, des pompes ou du rayonnement; ou de cycles d'opération excessivement courts et fréquents. Les chaudières modernes peuvent atteindre une efficacité aussi élevée que 97 % et convertir pratiquement tout le combustible en chaleur utile.

Réaménager ou remplacer

Avant de prendre une décision concernant le réaménagement ou le remplacement des chaudières, certains critères précis doivent être évalués. Ces critères ont une incidence sur plusieurs composantes du système de chaudières :

- Établissement du coût du cycle de vie du produit : Au moment de choisir, considérez la durée de vie utile et les choix relatifs à l'efficacité et au type (à condensation ou sans condensation).
- Opérations : Besoins courants et à long terme, heures de fonctionnement, incidence du temps d'arrêt, etc.
- Installation physique : Superficie mécanique, accès, alimentation, tuyauterie, procédés, personnel de l'exploitation, etc.
- Considérations budgétaires : Dépenses d'immobilisations disponibles, incitatifs des services publics, économies d'énergie.

Avant de décider de réaménager une chaudière, vous devez considérer l'entretien du système existant. Si la chaudière n'a pas été bien entretenue, vous devrez probablement remplacer le système au complet; cependant, si la chaudière a été entretenue sur une base régulière, le réaménagement pourrait être la meilleure option. Pour trancher, demandez à un professionnel de l'inspecter.

Bien que la tendance soit de remplacer les vieux systèmes par un nouvel équipement, ne sous-estimez pas l'importance de l'entretien régulier pour contrôler les coûts énergétiques. Une situation qui semble aussi mineure qu'un flux s'écoulant à travers des filtres à air sales peut provoquer une chaudière à fonctionner inefficacement. Souvent, les employés oublient de vérifier les filtres, ou encore ils attendent qu'ils paraissent sales avant de les changer; à ce moment-là, il est généralement déjà plusieurs mois trop tard.

PARTIE 1

Bien que le réaménagement d'une vieille chaudière soit initialement une option moins dispendieuse que l'achat d'une chaudière neuve, vous devez aussi déterminer si le réaménagement est l'option la plus rentable à long terme. Bien souvent, les charges de chauffage des chaudières existantes auront changé depuis leur installation, et le remplacement permettra de mieux répondre aux charges. En utilisant des chaudières modulaires ou à étages au lieu des chaudières redondantes, une efficacité additionnelle peut être obtenue pour les besoins de chauffage en été.

Vapeur industrielle

La vapeur est souvent requise pour la stérilisation, la lessive et l'équipement de cuisine. Puisque ces charges sont intermittentes, considérez un équipement à point d'utilisation plutôt que des chaudières à vapeur. Les chaudières à vapeur ont une efficacité maximale d'environ 84 % en comparaison de celle des chauffe-eau à condensation, qui est de 95 %.

Cotes d'efficacité

L'efficacité des chaudières est fréquemment exprimée au moyen du rendement de combustion (E_c), du rendement thermique (E_t) ou du rendement énergétique annuel (AFUE, pour l'anglais, *annual fuel utilization efficiency*). L'efficacité exprimée au moyen de la combustion ou du rendement thermique est une mesure de l'efficacité à l'état stable; l'efficacité exprimée au moyen de l'AFUE est plutôt une mesure de l'efficacité à l'état variable, qui rend compte du rendement d'une chaudière lorsqu'elle fonctionne à charge partielle et qu'elle fonctionne au ralenti entre les demandes de chaleur (une estimation de la pleine efficacité opérationnelle). Voici les cotes minimales des chaudières à gaz pour les nouveaux bâtiments prescrites par le CNÉB :

Tableau 4. Cotes d'efficacité de chaudières à gaz

Capacité de la chaudière	Cote	Efficacité minimum prescrite dans le CNÉB de 2011	Meilleure chaudière disponible
<88 kW	AFUE	85 %	97 %
88–733 kW	Rendement de combustion (E_c)	82,5 %	95 %
88–733 kW	Rendement thermique (E_t)	83 %	95 %
>733 kW	Rendement de combustion (E_c)	83,3 %	85–95 %

PARTIE 1

Liste des mesures relatives au chauffage et au refroidissement (systèmes de chauffage centraux)
Mesures de réaménagement
✓ Commencer par les mesures de premier ordre
✓ Remplacer le système de contrôle des chaudières
✓ Éliminer les valves d'étranglement du débit
✓ Remplacer les pompes d'efficacité standard ou surdimensionnées par des unités à haute efficacité de capacité appropriée pour les charges réduites
✓ Contrôler les pompes des chauffe-eau à l'aide d'entraînements à vitesse variable
✓ Installer un économiseur de cheminée de chaudière
✓ Remplacer les brûleurs
✓ Installer des turbulateurs dans les chaudières à tubes de fumée
Mesures de remplacement
✓ Remplacer le système par une chaudière à condensation
✓ Remplacer le système par une chaudière à modulation
✓ Remplacer le système par un système de chaudières hybride
✓ Remplacer le système par un système de thermopompe

Si vous décidez de **réaménager**, considérez ces options :

- **Commencer par les mesures de premier ordre :** Les systèmes de chaudières existants peuvent être optimisés en tenant compte des aspects liés à la combustion, au traitement de l'eau et aux points de consigne. Il est aussi important de s'assurer que les chaudières sont adéquatement séquencées et que les conduits de chauffage sont bien isolés. Consultez la phase Commissioning des bâtiments existants pour plus de détails.
- **Remplacer le système de contrôle des chaudières :** Les nouveaux développements en matière de contrôle des chaudières créent des possibilités de gains d'efficacité substantiels, notamment des mesures comme la réinitialisation de la température de l'eau chaude en fonction des températures extérieures, l'optimisation du rapport air-combustible, l'amélioration de la structure étagée des chaudières et l'ajout de contrôles de la vitesse variable des pompes de circulation.
- **Éliminer les valves d'étranglement du débit :** Cette mesure permet de réduire la consommation d'énergie des pompes. Si des valves sont installées pour contrôler le flux en causant une perte de charge, les mesures d'économies d'énergie comprennent l'ouverture complète des valves et la conversion en contrôles de vitesse variable, l'ajustement de la roue ou un contrôle étagé des pompes.

PARTIE 1

Figure 16. Entraînements à vitesse variable

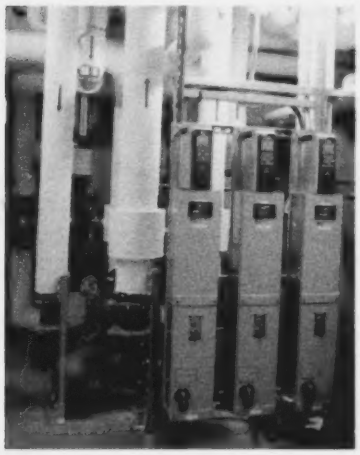


Photo fournie par Claudette Poirier, Vancouver Island Health Authority

Les chaudières doivent fonctionner avec un apport excessif en oxygène dans les gaz de combustion pour assurer la combustion complète du combustible, produisant ainsi une énergie thermique maximale. Cependant, une trop grande quantité d'oxygène refroidit la flamme, donc le contrôle des quantités d'air et de combustible est essentiel pour une efficacité optimale.

- **Remplacer les pompes d'efficacité standard ou surdimensionnées par des unités à haute efficacité de capacité appropriée pour les charges réduites :** La plupart des moteurs à induction qui alimentent les pompes atteignent une efficacité de pointe à environ 75 % de la charge et sont moins efficaces lorsqu'ils fonctionnent à pleine charge. Lorsque c'est possible, les pompes devraient être dimensionnées de façon à ce que durant la majeure partie de leur temps de fonctionnement, elles fonctionnent selon le facteur de charge le plus efficace, ou presque. Si une pompe est surdimensionnée, elle fonctionnera vraisemblablement à un facteur de charge inefficace, ce qui aura un effet négatif sur le facteur de puissance du système électrique, aboutissant potentiellement à des charges de demande plus élevées.

- **Contrôler les pompes des chauffe-eau à l'aide d'entraînements à vitesse variable :** Habituellement, pendant une bonne partie de la saison de chauffage, les zones n'ont besoin que de chauffage partiel pour maintenir des conditions de confort. En réduisant la vitesse de la pompe afin de fournir seulement l'intensité de chauffage de l'eau nécessaire pour compenser la perte de chaleur réelle du bâtiment, la consommation d'énergie de la pompe est réduite. Les EVV peuvent permettre de s'assurer que les pompes fonctionnent à leur pleine efficacité dans des conditions de charge partielle. La puissance requise pour faire fonctionner une pompe de moteur est proportionnelle au cube de sa vitesse. Par exemple, dans un système de pompe EVV, une réduction de charge qui entraîne une réduction de 10 % de la vitesse du moteur réduit la consommation d'énergie de 27 %[31]. À l'aide de contrôles appropriés, les vitesses plus lentes de la circulation de l'eau de chauffage grâce aux pompes EVV peuvent aussi être coordonnées avec un calendrier de réinitialisation de la température de l'eau chaude pour répondre aux charges avec plus de précision et d'efficacité. Par exemple, il sera possible de répondre plus efficacement aux faibles charges de chauffage de l'eau en créant de l'eau de chauffage plus chaude et en ralentissant la circulation de l'eau pour économiser la consommation d'énergie de la pompe.

- **Installer un économiseur de cheminée de chaudière :** Un économiseur de cheminée est un échangeur de chaleur air-eau qui capte la chaleur provenant des gaz de fumée pour préchauffer l'eau d'alimentation de la chaudière. Le recours à des économiseurs devient faisable pour des chaudières d'au moins 590 kW, où au moins 60 % de la chaleur résiduelle peut servir à préchauffer l'eau froide. Les chaudières doivent avoir un brûleur à air soufflé et ne doivent pas être à condensation.

- **Remplacer les brûleurs :** De nouveaux brûleurs pour tous les types de chaudières et de combustibles sont offerts sur le marché, et bon nombre de fournisseurs offrent des pièces pour le réaménagement et la modification, question d'éviter le remplacement complet. Bien souvent, on peut ainsi apporter des améliorations importantes qui reviennent moins cher que le remplacement complet.

[31] La formule est $1 - (0,9)^3 = 0,27$.

Le potentiel de gains d'efficacité des nouveaux brûleurs est fonction de la différence entre les anciennes et les nouvelles technologies. Les quantités de combustible et de combustible imbrûlé (provenant d'une combustion incomplète) et la quantité d'air excessif entre les anciens et les nouveaux brûleurs sont garantes du potentiel d'amélioration du rendement. En outre, la taille du brûleur et son débit moyen (c.-à-d. sa capacité de fonctionner efficacement à des charges partielles) auront une incidence sur les pertes associées à de faibles charges inefficaces et la fonction du cycle marche-arrêt.

En ce qui a trait à la capacité et au débit moyen, la plupart des brûleurs présentent un taux de variation de débit (rapport de capacité à plein régime à la capacité minimale avant la fermeture) de 10:1 ou 12:1, avec une faible perte sur le plan de l'efficacité de la combustion, voire aucune. Cependant, certains brûleurs présentent des taux de variation de débit de 20:1. Un taux de variation de débit plus élevé réduit les démarrages et l'usure du brûleur ainsi que la nécessité d'effectuer des purges d'air, en plus de permettre un meilleur contrôle des charges, tous des facteurs qui améliorent l'efficacité globale.

- **Installer des turbulateurs dans les chaudières à tubes de fumée :** Les turbulateurs sont des appareils qui créent une turbulence dans les échangeurs de chaleur, y compris les tubes de chaudières contenant des flammes, créant un plus grand contact thermique avec les parois du tube. Ce procédé entraîne un meilleur transfert thermique par les parois du tube et une perte de chaleur moins importante par les flux d'air évacué. Par conséquent, ils permettent d'économiser sur les coûts de chauffage en exigeant moins de combustible pour produire la même chaleur.

Si le **remplacement** est votre meilleure option, quatre mesures peuvent être considérées : chaudières à condensation à haut rendement, chaudières sans condensation (à modulation) à haut rendement, systèmes hybrides et thermopompes.

- **Remplacer le système par une chaudière à condensation :** La technologie de condensation récupère l'énergie latente contenue dans les gaz de combustion condensés — une partie de cette énergie est normalement perdue par la cheminée dans d'autres systèmes de chauffage. Grâce à la technologie de condensation, la vapeur d'eau contenue dans les gaz de combustion se condense sur les surfaces relativement froides de l'échangeur de chaleur de la chaudière, transférant ainsi la chaleur dans l'eau de cette dernière. La chaleur produite par la condensation est directement transmise dans l'eau de la chaudière, minimisant les pertes thermiques des gaz de combustion. L'efficacité saisonnière des chaudières à condensation peut atteindre jusqu'à 97 %.

Figure 17. Chaudière à condensation

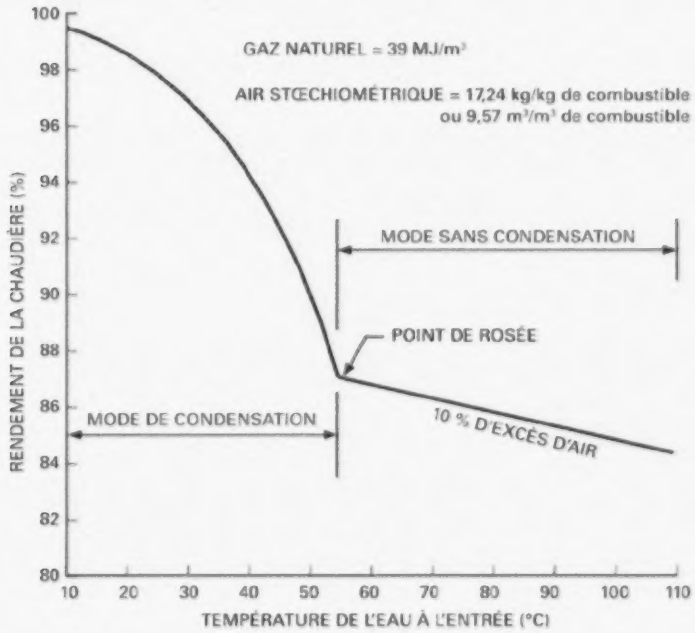
Photo fournie par Claudette Poirier, Vancouver Island Health Authority

Pour ce qui est des complexes hospitaliers, il peut être préférable d'installer une ou plusieurs petites chaudières dans des installations spécifiques pour répondre aux charges estivales en ce qui a trait au chauffage de l'eau et des locaux plutôt que de faire fonctionner des chaudières plus grandes à l'échelle du complexe. L'intérêt de cette option dépendra en partie du rendement de la chaudière centrale à charge partielle.

PARTIE 1

Le coût initial des chaudières à condensation est plus élevé que celui des chaudières traditionnelles sans condensation. Le défi que doit relever le concepteur est de s'assurer que la température de l'eau qui retourne à la chaudière demeure en deçà de 54,4 °C (130 °F); autrement, l'efficacité de la chaudière diminue considérablement, comme l'illustre la figure 18, et la chaudière à condensation fonctionne en mode sans condensation. Dans ces conditions, la prime payée pour l'efficacité élevée du système à condensation est perdue, diminuant ainsi le rendement des investissements.

Figure 18. Température de l'eau de retour et incidence sur l'efficacité de la chaudière



Source : *2012 ASHRAE Handbook – HVAC Systems and Equipment.*
© ASHRAE. ashrae.org (en anglais seulement)

- **Remplacer le système par une chaudière à modulation :** Une chaudière à modulation ajuste son rendement en captant la température de l'air extérieur ou de l'air de retour et en ajustant ensuite le taux d'allumage aussi bas que possible pour répondre aux besoins de chauffage. La modulation permet des économies en améliorant l'efficacité dynamique durant les périodes de charges légères. Elle offre aussi un suivi exact des charges et un contrôle précis des températures, tout en minimisant la perte d'énergie. Les chaudières à modulation atteignent une efficacité pouvant aller jusqu'à 88 % et sont le choix le plus judicieux dans les contextes où les demandes de chauffage ne permettent pas des températures de l'eau de retour inférieures à 54,4 °C (130 °F).

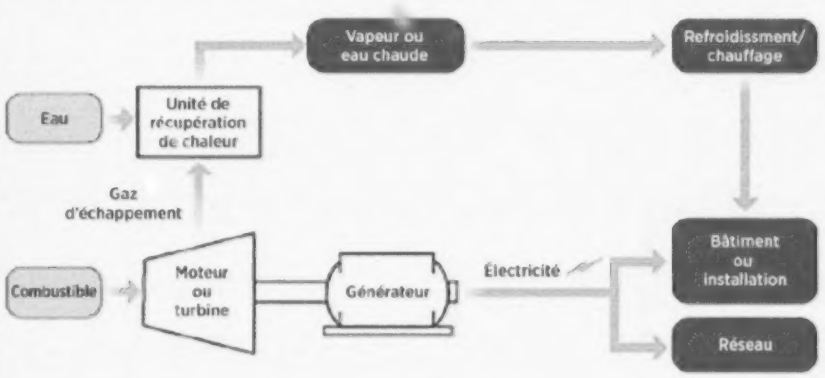
Les chaudières à étages sont une option moins coûteuse que les chaudières à modulation. Plutôt que d'avoir l'éventail complet d'options d'allumage ajustable par modulation, les chaudières à étages offrent un pourcentage d'allumage prédéfini. Par exemple, une chaudière à quatre étages aura quatre taux d'allumage progressifs (100 %, 75 %, 50 % et 25 % du taux d'allumage maximum). Ces unités coûtent moins cher que les unités à modulation, mais sont aussi moins efficaces.

PARTIE 1

Système de cogénération pour les hôpitaux

Plus fréquemment connus sous le nom de « systèmes de production combinée de chaleur et d'électricité » (PCCE), ces systèmes produisent de l'électricité à partir d'un moteur alternatif (à combustion interne) ou d'une turbine et récupèrent la chaleur résiduelle pour l'utiliser dans des applications thermiques, par exemple le chauffage du bâtiment (comme l'illustre la figure 19). Les hôpitaux sont des bons candidats pour les systèmes PCCE en raison de leur demande d'énergie thermique qui s'étend sur toute l'année et de la nécessité d'une alimentation énergétique stable et ininterrompue. Le système PCCE peut être conçu pour fournir de l'électricité et de l'énergie thermique dans l'éventualité d'une panne de courant des services publics, offrant ainsi des avantages de fiabilité additionnels en matière d'alimentation.

Figure 19. Schéma d'un système de production combinée de chaleur et d'électricité



Source : Environmental Protection Agency des États-Unis. epa.gov/chp/what-chp (en anglais seulement)

Un système PCCE peut atteindre une efficacité supérieure à 80 %. L'analyse financière simplifiée qui suit illustre comment la valeur de l'énergie offerte par un système PCCE se compare avec un système de production séparée d'électricité et de gaz naturel. On n'a pas inclus les économies additionnelles provenant de la réduction de la demande fourni par le système PCCE.

PARTIE 1

Analyse financière

Spécifications concernant les générateurs de gaz naturel :

2 000 kW, avec une charge (habituelle) de 80 % = 1 600 kW

à une efficacité électrique de 43,7 %, donc le rendement total en alimentation = 1 600 kW/0,437 = 3 660 kW.

Énergie totale entrant du système PCCE

3 660 kW × 8 760 h/an = 32 061 600 kWh ou 115 421 760 MJ

à 38 MJ/m^3 de gaz naturel = 3 037 414 m^3 annuellement,

à 0,25 $/$m^3$ = **759 354 $** annuellement.

Électricité sortant du système PCCE

1 600 kW × 8 760 h/an = 14 016 000 kWh

à 0,11 $/kWh = **1 541 760 $** annuellement.

Rendement thermique du système PCCE

à une efficacité thermique de 43,2 %, chaleur produite = 13 850 611 kWh (49 862 200 MJ).

Chaleur équivalente produite par une chaudière

à une efficacité de la chaudière de 90 % : 49 862 200 MJ/0,9 = 55 402 444 MJ entrant

à 38 MJ/m^3 de gaz naturel = 1 457 959 m^3 annuellement,

à 0,25 $/$m^3$ = **364 490 $** annuellement.

Coût équivalent de l'énergie produite

Production combinée de chaleur et d'électricité : **759 354 $**.

Production séparée de chaleur et d'électricité : 1 541 760 $ + 364 490 $ = **1 906 250 $**.

Comme en témoigne l'illustration, l'avantage financier de la production combinée peut être important. Dans ce cas-ci, il a été possible de faire des économies de près de 65 %.

- **Remplacer le système par un système de chaudières hybride :** Un système de chaudières hybride consiste en des chaudières à condensation et sans condensation contrôlées de façon à atteindre une efficacité maximale pendant la saison de chauffage. Selon la conception du système et la perte de chaleur du bâtiment, les températures de distribution de l'eau peuvent ne pas convenir à une chaudière à condensation. C'est souvent le cas en présence de conditions de chauffage de pointe. Par conséquent, lorsque les températures extérieures sont à leur plus froid, il est plus économique de faire fonctionner une chaudière

sans condensation à modulation, étant donné que les températures élevées de l'eau de retour ne permettront pas le fonctionnement d'une chaudière à condensation. Cependant, durant la plus grande partie de la saison, lorsque les demandes de chauffage sont passablement inférieures à la demande de pointe, les températures de l'eau d'alimentation peuvent être diminuées, et les températures de l'eau de retour peuvent être en-deçà du seuil de 54,4 °C (130 °F) pour le fonctionnement d'une chaudière avec condensation.

Pour surmonter ces écarts saisonniers de la demande, un système qui utilise une plus petite chaudière à condensation durant les saisons intermédiaires et une plus grande chaudière sans condensation durant l'hiver fournira un meilleur rendement du capital investi. Le système hybride active la chaudière à condensation jusqu'à ce que les températures de l'eau de retour ne permettent plus le fonctionnement de l'appareil à condensation. À ce point, le système active la chaudière sans condensation à modulation et désactive la chaudière à condensation.

- **Remplacer le système par un système de thermopompe :** Les thermopompes transfèrent la chaleur en faisant circuler un réfrigérant par les serpentins d'un échangeur de chaleur, effectuant un cycle d'évaporation et de condensation. Dans un serpentin (l'évaporateur), le réfrigérant est évaporé à basse pression et absorbe la chaleur avoisinante. Le réfrigérant est ensuite comprimé lors du trajet vers l'autre serpentin (le condensateur), où il se condense à haute pression. À ce point, il libère la chaleur absorbée dans l'évaporateur. Le cycle de la thermopompe est réversible, c'est-à-dire que la chaleur peut être absorbée dans l'environnement intérieur et libérée à l'extérieur, ou absorbée dans l'environnement extérieur et libérée à l'intérieur. Les thermopompes peuvent utiliser l'air, le sol ou un plan d'eau comme source d'énergie. Les unités utilisant le sol sont fréquemment appelées thermopompes géothermiques. Une thermopompe géothermique peut fonctionner en boucle ouverte, où l'eau du sol ou de surface circule vers la thermopompe, ou en boucle fermée, où un fluide circule dans une boucle fermée et effectue l'échange de chaleur à travers les parois de la tuyauterie. Les systèmes peuvent être centralisés ou distribués pour un contrôle et une distribution dans des zones multiples.

  Les thermopompes distribuées utilisées dans les systèmes à DRV comportent des avantages sur le plan de l'efficacité par rapport aux systèmes centralisés et peuvent être alimentées soit par thermopompe à air, soit par échangeur géothermique, soit par une chaudière centrale. L'avantage de ces systèmes est que la chaleur peut être échangée directement dans la boucle du bâtiment, réduisant ainsi la charge thermique imposée à l'échangeur géothermique ou à la chaudière centrale. Consultez la mesure *Installer un système à débit de réfrigérant variable* à la phase Amélioration des systèmes de distribution de l'air pour plus de détails.

PARTIE 1

Exemple :
Hôpital général régional de Nanaimo
Nanaimo
(Colombie-Britannique)

L'Hôpital général régional de Nanaimo utilise un labyrinthe souterrain en béton rempli de cuves de stockage thermique pour préconditionner l'air extérieur fourni à sa salle d'urgence. Similaires aux pompes géothermiques, les cuves à stockage thermique tirent profit des températures souterraines stables en captant la chaleur l'hiver et en la transférant à l'air entrant.

Source : Vancouver Island Health Authority
(en anglais seulement)

Thermopompes géothermiques

Les thermopompes géothermiques nécessitent l'installation d'une boucle souterraine qui peut être horizontale (tranchées) ou verticale (puits). La capacité de la thermopompe à boucle fermée dépend de la longueur du conduit de la boucle d'échange dans le sol. Une thermopompe géothermique présente un rendement relativement constant en raison des températures stables dans le sol ou le plan d'eau. Le rendement est exprimé en tant que coefficient de performance (COP) qui se situe typiquement entre 3 et 4, ce qui signifie que pour chaque unité d'électricité consommée, trois ou quatre unités d'énergie sont produites.

Le remplacement des systèmes de chauffage et de refroidissement de l'air conventionnels par des thermopompes géothermiques permet en général d'économiser entre 15 % et 25 % de la consommation d'énergie totale[32]. En plus des économies d'énergie, les thermopompes géothermiques réduisent la demande d'électricité de pointe en été en raison de la moins grande puissance requise pour le refroidissement.

Les thermopompes géothermiques ont de plus faibles coûts d'exploitation qui contribuent considérablement à la rentabilité le long de de leur cycle de vie. La technologie est moins susceptible à la défaillance, nécessite environ 25 % moins de réfrigérant (en comparaison des systèmes de réfrigération à l'air de taille similaire), nécessite moins d'entretien et a une durée de vie utile plus longue que les autres technologies de chauffage et de refroidissement, et ne fait appel à aucun équipement extérieur qui serait soumis aux intempéries ou autres risques physiques (p. ex. branches, accidents de construction, vandalisme). Cependant, sous un climat dominé par le chauffage, et dans un contexte où les coûts d'électricité sont élevés et les coûts du gaz naturel sont bas, les réaménagements vers des thermopompes peuvent être financièrement moins attrayants que les autres options de chauffage et de refroidissement.

Les conditions pour l'installation d'une thermopompe géothermique sont plus favorables lorsque l'équipement existant est à la fin de sa durée de vie utile attendue et que son remplacement est nécessaire sans égard aux gains d'efficacité qui en découlent. Des calculs et des estimations détaillées des coûts et des économies d'énergie annuelles au cours de la durée de vie utile attendue du système de thermopompe devraient être effectuées pour évaluer de façon appropriée la faisabilité financière d'un projet donné.

[32] Geothermal Heat Pumps Deliver Big Savings for Federal Facilities, Federal Energy Management Program DOE/EE-0291.

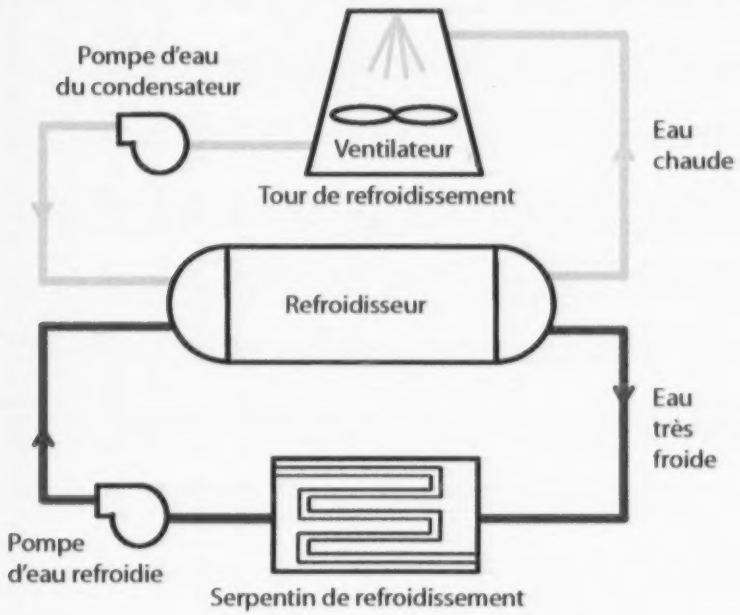
PARTIE 1

Systèmes de refroidissement centraux

Les systèmes de refroidissement à l'eau sont une approche commune pour refroidir les moyens et les grands bâtiments (9 000 m² [~100 000 pi. ca.] ou plus). Ils comportent des refroidisseurs centraux et des CTA séparés, ainsi qu'un réseau de conduits et de pompes qui les relie. Bien que seulement 25 % de la superficie des bâtiments commerciaux et institutionnels canadiens soient refroidies par des systèmes de refroidissement à l'eau, environ 43 % de tous les bâtiments plus grands que 9 000 m² sont dotés de tels systèmes[33].

Les refroidisseurs sont au cœur de ces systèmes et sont souvent le point d'intérêt des évaluations de l'efficacité, principalement en raison des améliorations sur le plan des contrôles et de la technologie offertes par les fabricants. Cependant, se préoccuper uniquement de l'efficacité du refroidisseur n'entrainera pas nécessairement les économies d'énergie les plus intéressantes. La meilleure manière de produire des économies sur le plan de la consommation d'énergie et de la demande est de considérer le fonctionnement global du système de refroidissement à l'aide d'une approche intégrée. La figure 20 montre un exemple d'un système de refroidissement type. Les pompes et les ventilateurs du système, par exemple, ont un rôle à jouer pour ce qui est de proposer l'approche la plus rentable.

Figure 20. Centrale de refroidissement



Effectuez le calcul : Pour illustrer l'incidence des diminutions de charges et la diminution résultante des coûts d'investissements du système de refroidissement, considérez une diminution de 10,76 W/m² (1 W/pi. ca.) de la densité de la puissance d'éclairage dans un bâtiment de 9 290 m² (100 000 pi. ca.).

Le résultat de la charge d'éclairage diminuée permettra une diminution de la capacité du refroidisseur d'environ 80 kW (23 tonnes) (en supposant que 80 % de la chaleur d'échappement atteigne l'espace climatisé). Si un refroidisseur coûte habituellement 125 $ le kW (450 $ la tonne), une diminution de 80 kW permettrait de réduire le coût initial d'un nouveau refroidisseur de plus de 10 000 $.

Source : EPA des États-Unis

Remarque : Une capacité de refroidissement d'une tonne = 3,5 kW ou 12 000 Btu/h.

[33] Ressources naturelles Canada. 2000. *Enquête sur la consommation d'énergie dans les bâtiments commerciaux et institutionnels*.

PARTIE 1

Efficacité du système de refroidissement

En supposant la présence de bonnes conditions de fonctionnement, bon nombre de refroidisseurs à compresseurs centrifuges anciens ont un COP à pleine charge d'environ 4,0 (efficacité opérationnelle à pleine charge pour une capacité de refroidissement de 0,80 kW/tonne). La majorité des refroidisseurs à haute efficacité modernes ont un COP à pleine charge d'environ 7,0 (efficacité opérationnelle à pleine charge de 0,50 kW/tonne). Fait plus important encore, les nouveaux refroidisseurs ont une efficacité plus élevée à charge partielle que les anciens modèles. Étant donné que la majorité des refroidisseurs fonctionnent dans des conditions de charge partielle 95 % du temps ou plus, l'efficacité opérationnelle améliorée pour les charges partielles est une caractéristique clé pour réaliser des économies de coûts intéressantes.

Pour estimer avec exactitude les économies d'énergie qui pourraient être réalisées en remplaçant un refroidisseur existant, un profil de charge peut être préparé pour ce dernier. Un profil de charge démontre quelle quantité d'énergie un refroidisseur utilise à chaque point de son intervalle de fonctionnement, depuis la charge minimale jusqu'à la charge de pointe. Ce profil peut être comparé avec le profil de charge d'un fabricant pour un refroidisseur de remplacement et utilisé pour estimer quelle quantité d'énergie ce dernier utiliserait.

Réduction à une capacité appropriée du système de refroidissement

Qu'il s'agisse de l'efficacité du système de refroidissement ou des charges de refroidissement d'une installation, ces facteurs peuvent changer au fil du temps. De plus, les refroidisseurs sont souvent surdimensionnés, provoquant ainsi une diminution de l'efficacité opérationnelle annuelle. Bien que l'installation d'un système à EVV puisse améliorer l'efficacité du système à charge partielle, il est plus efficace d'ajuster la capacité du refroidisseur en fonction des charges à traiter.

Le bien-fondé du remplacement du refroidisseur

Les refroidisseurs ont habituellement une durée de vie utile de 20 à 25 ans (les refroidisseurs bien entretenus peuvent fonctionner 30 ans ou plus) et sont considérés comme étant un investissement exigeant d'importants capitaux. Bien que les faibles coûts de fonctionnement soient une grande motivation à remplacer les vieux refroidisseurs, les décideurs doivent considérer d'autres facteurs — l'état, l'âge et la fiabilité du refroidisseur, l'évolution des charges du bâtiment et les besoins d'entretien — avant de déterminer la véritable valeur du remplacement.

PARTIE 1

Réfrigérants

La majorité des refroidisseurs fabriqués avant 1995 utilisaient des réfrigérants au chlorofluorocarbone (CFC), qui ont un potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone (PACO) élevé. Cependant, étant donné que ces réfrigérants ne sont plus disponibles depuis près de deux décennies, la probabilité que les grands systèmes de réfrigération les utilisent est faible.

Plus de 95 % des unités de climatisation de l'air commerciales et résidentielles et plus de 50 % de l'équipement de réfrigération commercial du Canada fonctionnent à l'aide de réfrigérants au hydrochlorofluorocarbone (HCFC) (principalement R-22)[34]. Bon nombre d'unités de réfrigération commerciales ont été converties, passant des CFC aux HCFC. Les réfrigérants HCFC importés et fabriqués au Canada ont été éliminés de la chaîne d'approvisionnement en 2010, et aucun équipement HCFC-22 (R-22) n'a été fabriqué ou importé au Canada depuis.

Les HCFC sont considérés comme des réfrigérants transitoires. En 1996, on a instauré un plafond, et ce dernier diminuera graduellement jusqu'à ce que la production mondiale soit éliminée en 2030. Cependant, la date d'élimination graduelle de l'équipement utilisant le réfrigérant HCFC R-123 est 2020. Par conséquent, les plans de remplacement de refroidisseurs ne devraient pas inclure les systèmes utilisant les réfrigérants aux HCFC tels que le R-123.

Les réfrigérants aux hydrofluorocarbones (HFC) ont remplacé les CFC et les HCFC. Contrairement à ces derniers, les HFC ne contiennent pas de chlore et ne représentent aucun danger pour la couche d'ozone; par contre, il a été établi qu'ils sont des gaz à effet de serre ayant un potentiel de réchauffement planétaire (PRP) beaucoup plus élevé que celui des CFC et des HCFC. L'industrie est donc à la recherche de nouveaux réfrigérants qui auraient des PACO et des PRP moins élevés. De nombreux pays appuient l'élimination graduelle planifiée et supervisée des HFC sur la base du PRP à la suite du Protocole de Montréal :

- Le R-134a n'est soumis à aucune date fixe d'élimination graduelle et est utilisé dans les refroidisseurs à compresseurs centrifuges, les refroidisseurs à compresseurs à vis refroidis à l'eau et les refroidisseurs à déplacement positif refroidis à l'air.
- Les R-410a et R-407c ne sont soumis à aucune date fixe d'élimination graduelle et sont utilisés dans les petits refroidisseurs à déplacement positif refroidis à l'air et les unités de toit intégrées.

Bien que le CO_2 soit un réfrigérant standard dans certaines applications industrielles depuis un certain temps, il est maintenant appliqué à un éventail plus vaste de systèmes et est proposé en tant que réfrigérant naturel pour le refroidissement des bâtiments.

Le Procotole de Montréal, un traité signé pour la première fois en 1987 pour éliminer graduellement la production de produits chimiques nocifs pour la couche d'ozone, a été un facteur d'influence majeur dans le développement d'équipements et de réfrigérants de remplacement.

Les principaux types de réfrigérants sur le marché sont les chlorofluorocarbones (CFC), les hydrochlorofluorocarbones (HCFC) et les hydrofluorocarbones (HFC). Tous les CFC, y compris le CFC-11 et le R-12, ont été éliminés graduellement en 1996 et ne sont plus disponibles pour le nouvel équipement. L'industrie a effectué une transition réussie en éliminant les réfrigérants les plus nocifs pour la couche d'ozone, et les fabricants utilisent maintenant les HCFC comme le R-22 et le R-123, ainsi que les HFC tels que le R-134a, le R-410a et le R-407c.

[34] The Heating, Refrigeration and Air Conditioning Institute of Canada

1 PARTIE

Les systèmes de refroidissement à l'eau sont complexes et, en ce sens, présentent de nombreuses possibilités de réaménagements énergétiques. L'approche recommandée est de rechercher des possibilités qui permettront de faire des économies en amont. Par exemple, en réduisant la résistance dans la tuyauterie, un concepteur peut être capable de réduire les coûts d'investissement en spécifiant une pompe et un refroidisseur plus petits. En commençant par les valves pour terminer par le ventilateur de la tour de refroidissement, on peut économiser sur les coûts d'investissement en amont et les coûts d'énergie.

Une approche systématique et intégrée est un élément clé pour l'amélioration de l'efficacité globale d'un système de refroidissement. C'est important pour deux raisons. La première, c'est qu'il est difficile de généraliser au sujet des possibilités spécifiques. L'installation du système de refroidissement le plus rentable exige une conception propre au bâtiment, qui tient compte des prix de l'énergie et de la demande, du profil de charge du bâtiment, du climat local, des caractéristiques du bâtiment, des calendriers opérationnels et des caractéristiques de fonctionnement à charge partielle des refroidisseurs disponibles. La seconde, c'est qu'une modification à la conception ou au fonctionnement d'une composante du système a souvent une incidence sur le rendement des autres composantes. Par exemple, un accroissement du flux d'eau refroidie peut améliorer l'efficacité du refroidisseur, mais la puissance de pompage supplémentaire requise peut entraîner une *réduction* généralisée de l'efficacité du système. Les huit mesures suivantes s'appliquent :

Il est important de noter que la liste des mesures recommandées pour le système de refroidissement exige une évaluation technique détaillée pour déterminer quelles mesures appliquer et l'ampleur des économies.

Liste des mesures relatives au chauffage et au refroidissement (systèmes de refroidissement centraux)

- ✓ Commencer par les mesures de premier ordre
- ✓ Éliminer les valves d'étranglement du débit
- ✓ Remplacer les pompes d'efficacité standard ou surdimensionnées par des unités à haute efficacité de capacité appropriée pour les charges réduites
- ✓ Contrôler les pompes des chauffe-eau à l'aide d'entraînements à vitesse variable
- ✓ Améliorer le compresseur du refroidisseur
- ✓ En ce qui a trait aux refroidisseurs sans entraînement à vitesse variable, utiliser des dispositifs de démarrage progressif à basse tension
- ✓ Remplacer un refroidisseur vieux ou surdimensionné d'efficacité standard par une unité refroidie à l'eau à haute efficacité de capacité appropriée
- ✓ Installer des économiseurs à l'eau pour permettre aux tours de refroidissement de produire un refroidissement naturel lorsque les conditions météorologiques le permettent

- **Commencer par les mesures de premier ordre :** Les systèmes de refroidissement existants peuvent être optimisés en s'assurant que des réinitialisations de l'eau refroidie et de l'eau du condensateur ont été activées et en mettant les refroidisseurs et tours de refroidissement multiples en séquence. Consultez la phase Commissioning des bâtiments existants pour connaître la liste des mesures opérationnelles potentielles.
- **Éliminer les valves d'étranglement du débit :** Cette mesure permet de réduire la consommation d'énergie de la pompe et de retourner moins de chaleur au refroidisseur. Si des valves sont installées pour contrôler la circulation en causant une perte de charge, les mesures d'économies d'énergie comprennent l'ouverture complète des valves et la conversion en contrôles de vitesse variable, l'ajustement de la roue ou un contrôle étagé des pompes.
- **Remplacer les pompes d'efficacité standard ou surdimensionnées par des unités à haute efficacité de capacité appropriée pour les charges réduites :** La plupart des moteurs à induction qui alimentent les pompes atteignent une efficacité de pointe à environ 75 % de la charge et sont moins efficaces lorsqu'ils fonctionnent à pleine charge. Lorsque c'est possible, les pompes devraient être dimensionnées de façon que durant la majeure partie de leur temps de fonctionnement, elles fonctionnent selon le facteur de charge le plus efficace, ou presque. Si une pompe est surdimensionnée, elle aura tendance à fonctionner selon un facteur de charge inefficace et à introduire une puissance réactive dans le système électrique, ce qui pourrait se traduire par des frais des services publics d'électricité associés à un faible facteur de puissance.
- **Contrôler les pompes des chauffe-eau à l'aide d'entraînements à vitesse variable :** Les EVV peuvent permettre de s'assurer que les pompes fonctionnent à leur pleine efficacité dans des conditions de charge partielle. La puissance requise pour faire fonctionner un moteur de pompe est proportionnelle au cube de sa vitesse. Par exemple, dans un système de pompe équippé d'un EVV, une réduction de charge qui entraîne une réduction de 10 % de la vitesse du moteur réduit la consommation d'énergie de 27 %[35]. Cependant, il est nécessaire de s'assurer que la circulation de l'eau dans les refroidisseurs est maintenue à des niveaux sécuritaires. À l'aide de contrôles appropriés, la vitesse de circulation de l'eau refroidie, ralentie par les pompes à EVV, peut aussi être coordonnée avec un calendrier de réinitialisation de la température de l'eau refroidie pour répondre aux charges avec plus de précision et d'efficacité. Par exemple, il sera possible de répondre plus efficacement aux faibles charges de refroidissement en créant de l'eau refroidie plus froide et en réduisant la vitesse de circulation de l'eau pour diminuer la consommation d'énergie de la pompe.

[35] La formule est $1 - (0.9)^3 = 0.27$

PARTIE 1

Au moment du remplacement d'un refroidisseur existant, choisissez-en un qui sera le plus efficace dans les conditions dans lesquelles il devra fonctionner. Même si le rendement d'un refroidisseur peut varier considérablement selon la charge et d'autres conditions, les concepteurs choisissent souvent les refroidisseurs en fonction de leur efficacité à pleine charge dans des conditions standards. Cependant, les refroidisseurs passent la plus grande partie de leur temps de fonctionnement dans l'éventail de charges de 40 % à 70 % et dans des conditions pouvant être considérablement différentes que les conditions standards. Pour choisir le refroidisseur qui aura les coûts d'exploitation les plus bas, déterminez dans quelles conditions réelles fonctionnera l'appareil et considérez ensuite l'efficacité de son fonctionnement dans ces conditions.

- **Améliorer le compresseur du refroidisseur :** Pour ce qui est d'un compresseur centrifuge, installez un EVV pour permettre au refroidisseur de fonctionner plus lentement dans des conditions de charge partielle. Cela permet d'obtenir une meilleure efficacité que celle qui est obtenue par les refroidisseurs à compresseur centrifuge ordinaires, qui contrôlent le traitement des charges partielles avec des aubes directrices d'entrée. Cependant, il y a une limite à la rentabilité des flux contrôlés par EVV. Dans les applications comprenant des périodes étendues de charges très faibles (p. ex. 10 % de la pleine charge), il peut être plus rentable d'installer un petit refroidisseur séparé juste pour traiter ces charges.

  Pour ce qui est des refroidisseurs à vis et des refroidisseurs alternatifs, remplacez le compresseur existant par un modèle qui utilise la nouvelle technologie de palier magnétique. Ce type de compresseur est beaucoup plus efficace que tout autre dans la gamme de capacités situées en deçà de 1 000 kW (300 tonnes). Les refroidisseurs à compresseurs à palier magnétique peuvent atteindre un coefficient de performance (COP) saisonnier de 9,5 (une valeur intégrée à charge partielle [IPLV, pour l'anglais, *integrated part-load value*] de 0,37 kW/tonne), en comparaison d'un COP saisonnier de 6,0 (une IPLV de 0,60 kW/tonne) pour les refroidisseurs à vis, permettant de faire d'importantes économies.

- **En ce qui a trait aux refroidisseurs sans entraînement à vitesse variable, utiliser des dispositifs de démarrage progressif à basse tension :** Les enroulements du moteur des compresseurs à vitesse constante sont soumis à un stress important lors de la première mise en marche du refroidisseur en raison du courant d'appel élevé. Cela peut enfin provoquer une défectuosité du moteur. Le démarrage progressif fait augmenter la tension et le courant graduellement pour éviter le courant d'appel élevé. Le démarrage progressif en soi ne fait pas économiser d'énergie, mais il permet d'éteindre les refroidisseurs qui, autrement, seraient laissés en état de marche parce que l'opérateur se préoccuperait de l'usure provoquée par les démarrages fréquents.

- **Remplacer un refroidisseur vieux ou surdimensionné d'efficacité standard par une unité refroidie à l'eau à haute efficacité de capacité appropriée :** Si le refroidisseur existant approche la fin de sa durée de vie utile ou doit subir des travaux d'entretien importants, pensez à le remplacer pour tirer profit des économies qu'un nouveau modèle à haute efficacité peut offrir. Cette initiative peut être particulièrement fructueuse si le refroidisseur existant est déjà surdimensionné ou si les réductions de charge réalisées lors des autres étapes du processus d'améliorations du bâtiment permettent de diminuer la capacité du refroidisseur.

- **Installer des économiseurs à l'eau pour permettre aux tours de refroidissement de produire un refroidissement naturel lorsque les conditions météorologiques le permettent :** En présence de bonnes conditions climatiques, les économiseurs à l'eau peuvent économiser une grande quantité d'énergie en utilisant l'air extérieur relativement frais pour refroidir l'eau, au lieu du refroidisseur. Dans de nombreuses régions du Canada aux climats froids et secs, les économiseurs peuvent répondre à plus de 75 % des besoins de refroidissement.

  Le type le plus commun est un économiseur *indirect* qui utilise un échangeur de chaleur séparé. Ce système permet de contourner complètement le refroidisseur et de transférer la chaleur directement du circuit d'eau refroidie à la boucle d'eau du condensateur. Lorsque la température du thermomètre mouillé est assez basse, le refroidisseur peut être éteint, et la charge de refroidissement peut être prise en charge exclusivement par la tour de refroidissement.

Résumé des améliorations du système de refroidissement

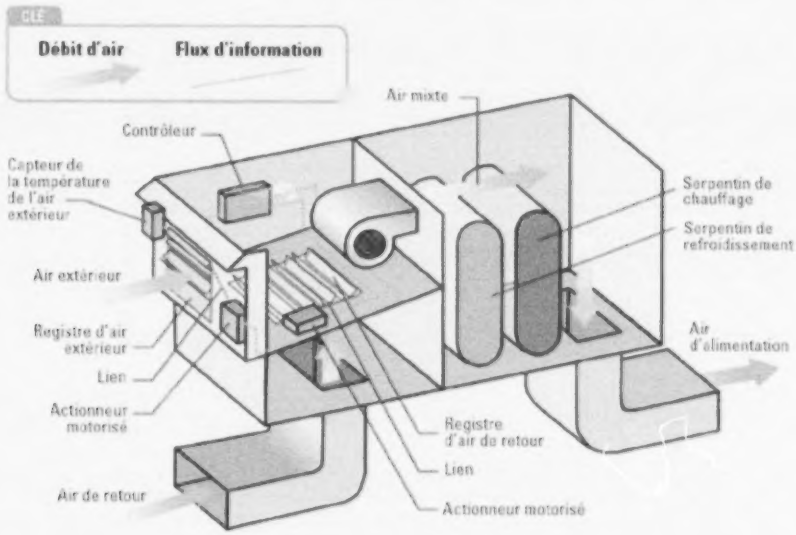
Avant de donner suite à une ou l'autre des possibilités énumérées dans les présentes directives, il est important d'évaluer le rendement du système de refroidissement en tant que système intégré. Bien que l'approche intégrée exige plus d'efforts que le simple choix de mesures indépendantes, elle procure plus d'économies. Les pompes, ventilateurs et compresseurs dotés d'EVV offrent une flexibilité et une efficacité opérationnelle accrues, mais nécessitent un système de contrôle qui peut coordonner leur fonctionnement avec le reste du système. Les contrôles existants peuvent ne pas être en mesure d'offrir les fonctions avancées nécessaires pour un fonctionnement efficace et, par conséquent, devraient eux aussi être améliorés.

Unités de toit

Certaines aires de bureaux ou de soutien d'un hôpital sont chauffées et refroidies par des unités de toit intégrées et autonomes. Les unités de toit sont habituellement configurées avec un système de combustion au gaz naturel ou des éléments électriques pour le chauffage et un mode de refroidissement par détente directe (DX). Dans certains cas, elles possèdent aussi des roues ou des noyaux de récupération de chaleur. Elles peuvent aussi être configurées avec une thermopompe ou, dans de rares cas, le chauffage de l'unité peut provenir d'un serpentin d'eau chaude alimenté par un système de chaudières central. De plus, les unités peuvent être à débit constant ou à débit variable. La figure 21 illustre la configuration type d'une unité de toit.

PARTIE 1

Figure 21. Configuration type d'une unité de toit



Source : EPA des É.-U.

L'efficacité des unités de toit s'est considérablement améliorée au cours des 15 dernières années, et des options de technologies de réaménagements axées sur les contrôles sont maintenant offertes qui peuvent permettre des économies supérieures à 50 %. Selon l'efficacité et l'âge de l'unité de toit, le remplacement complet ou des réaménagements pourraient être rentables. Par exemple, si l'unité a 15 ans (la durée de vie utile attendue) ou plus, le remplacement est alors probablement la meilleure option. Si l'unité n'a que 5 ans, un réaménagement pourrait être une option viable. De plus, si un système de distribution à débit d'air constant est remplacé par un système à débit d'air variable, le remplacement de l'unité de toit sera alors nécessaire pour fournir l'approvisionnement en air variable avec rétroaction de contrôle de la part des boîtes de distribution.

L'efficacité de chauffage des anciennes unités de toit peut varier de 60 % à 75 %, tandis que les nouvelles unités peuvent atteindre une efficacité de 80 % dans les cas des unités sans condensation, et jusqu'à 90 % pour les unités à condensation.

Le tableau 5 illustre à quel point les normes d'efficacité d'ASHRAE pour les systèmes de refroidissement ont évolué.

Tableau 5. Évolution des normes d'efficacité des unités de toit

90.1-1999	90.1-2000	90.1-2004	90.1-2010		CEE palier II		Défi pour les unités de toit
EER	EER	EER	EER	IEER	EER	IEER	IEER
8,7	10,1	10,1	11,0	11,2	12,0	13,8	18,0

Les paramètres d'efficacité du refroidissement suivants pour les unités de toit sont définis par l'Air-Conditioning and Refrigeration Institute (ARI), une association professionnelle représentant les fabricants d'appareils de climatisation :

- Le taux de rendement énergétique (EER, pour l'anglais, *energy efficiency ratio*), défini comme étant le taux de refroidissement en Btu/heure divisé par la puissance en watts à des conditions de pleine charge, est une mesure de l'efficacité à pleine charge. La puissance inclut les puissances des compresseurs, des moteurs des ventilateurs et des contrôles.
- Le taux de rendement énergétique intégré (IEER, pour l'anglais, *integrated energy efficiency ratio*), défini comme étant l'efficacité de refroidissement à charge partielle sur la base du fonctionnement pondéré à diverses capacités de charge, s'applique aux unités de toit ayant des capacités de refroidissement égales ou supérieures à 19 kW (5,4 tonnes).
- Le taux de rendement énergétique saisonnier (SEER, pour l'anglais, *seasonal energy efficiency ratio*) exprime l'évaluation saisonnière en fonction des charges résidentielles représentatives, contrairement à l'IEER, qui exprime l'efficacité à un point d'évaluation unique. Le SEER ne s'applique qu'aux unités de toit ayant une capacité de refroidissement de moins de 19 kW. Bien que les unités de moins de 19 kW alimentées par un courant triphasé soient classées comme étant commerciales, elles utilisent toujours le paramètre SEER résidentiel. Cela s'explique du fait que ces petites unités sont similaires aux unités alimentées par un courant monophasé utilisées dans les applications résidentielles, qui ont une large part de marché dans cet éventail de capacité. Les vieilles unités de moins de 19 kW ont souvent un SEER aussi bas que 6.

Le Consortium for Energy Efficiency (CEE), une organisation à but non lucratif qui fait valoir l'adoption de technologies écoénergétiques, a défini la recommandation d'efficacité énergétique minimale de palier 1 de 1993 comme ayant un EER d'au moins 10,3, 9,7, et 9,5, respectivement, pour les catégories petites, grandes et très grandes unités de toit.

PARTIE 1

Sous les auspices de la campagne sur les unités de toit du Department of Energy des États-Unis, qui fait valoir l'adoption d'unités de toit écoénergétiques, les spécifications en matière d'efficacité ont augmenté à un IEER minimal de 18 pour les unités de 35 à 70 kW (10 à 20 tonnes) en tant que défi auprès des fabricants. L'industrie a répondu favorablement à ce défi, et plusieurs fabricants offrent déjà des unités qui répondent à ce seuil de rendement aggressif, dont bon nombre sont offertes sur le marché canadien.

Liste des mesures relatives au chauffage et au refroidissement (unités de toit)

- ✓ Convertir le système à débit constant en système à débit variable avec ventilation selon la demande et un économiseur
- ✓ Ajouter un contrôle au compresseur pour diminuer le temps de fonctionnement
- ✓ Ajouter un registre d'économiseur
- ✓ Ajouter la fonction de récupération de chaleur ou d'énergie
- ✓ Remplacer les unités de toit

Le réaménagement des unités de toit pour faire des économies d'énergie se fait habituellement sous la forme de contrôles, plutôt que l'ajout d'un équipement conçu pour économiser l'énergie (comme un système de récupération de chaleur) ou le remplacement du moteur. Cependant, il existe des possibilités d'ajouter un équipement conçu pour économiser l'énergie dans certains cas. Dans la catégorie de **réaménagement**, les quatre mesures suivantes sont applicables :

- **Convertir le système à débit constant en système à débit variable avec ventilation selon la demande et un économiseur :** Dans le marché actuel, il existe deux technologies intégrées qui sont jugées acceptables par les services publics pour les programmes d'incitatifs à la conservation. Pour ce qui est des unités de toit à débit d'air constant (DAC) de plus de 26 kW (7,5 tonnes), on trouve sur le marché une trousse de réaménagement complètement intégrée du contrôle avancé d'unité de toit qui convertit un système à DAC en système à débit d'air variable (DAV) avec ventilation selon la demande et un économiseur. Une étude sur le terrain menée par le Pacific Northwest National Laboratory[36] a fourni une analyse indépendante de cette technologie, dont les résultats ont démontré une réduction de la consommation d'énergie annuelle normalisée des unités de toit variant entre 22 % et 90 %, avec une moyenne de 57 % pour toutes les unités.

[36] Advanced Rooftop Control (ARC) Retrofit: Field-Test Results pnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-22656.pdf (en anglais seulement)

- **Ajouter un contrôle au compresseur pour diminuer le temps de fonctionnement :** Pour ce qui est des unités de toit plus petites que 26 kW, des contrôleurs intégrés qui réduisent la consommation d'énergie pour la climatisation de l'air sont disponibles. Ces appareils contrôlent les cycles du compresseur pour diminuer le temps de fonctionnement tout en continuant à offrir la capacité de refroidissement attendue de l'unité. Les systèmes de climatisation de l'air sont habituellement conçus pour répondre aux conditions de charge de pointe, plus une marge de sécurité, et fonctionnent continuellement jusqu'à ce que le point de consigne de température de la pièce soit atteint. Cependant, dans la majorité des conditions opérationnelles, le rendement maximal n'est pas requis, et le système est surdimensionné pour la charge. De simples contrôleurs qui détectent la saturation thermodynamique de l'échangeur de chaleur éteignent le compresseur pour éviter le surrefroidissement. L'expérience de l'industrie a démontré qu'on peut faire des économies d'énergie de refroidissement de 20 % en moyenne.

- **Ajouter un registre d'économiseur :** Certains modèles d'unités de toit peuvent fonctionner avec un registre d'économiseur en tant qu'option du fabricant. Dans les cas où le registre n'était pas inclus dans le choix de produit original, l'ajout d'un économiseur permettra des économies d'énergie.

- **Ajouter la fonction de récupération de chaleur ou d'énergie :** Similairement, certains modèles d'unités de toit peuvent fonctionner avec des ventilateurs de récupération de chaleur ou d'énergie en tant qu'options du fabricant. Dans les cas où ces options n'étaient pas incluses dans le choix de produit original, leur ajout permettra des économies d'énergie.

L'analyse de rentabilisation se présente souvent favorable au **remplacement** des unités de toit existantes par de nouvelles unités à haute efficacité. Compte tenu du potentiel d'économies combinées sur le chauffage et le refroidissement de 50 % ou plus, il peut parfois être rentable de remplacer les unités de toit avant la fin de leur durée de vie attendue.

- **Remplacer les unités de toit :** Le remplacement d'une unité de toit existante procurera de nombreux gains d'efficacité, surtout lorsque les unités à haute efficacité comportent des spécifications concernant les ventilateurs et les compresseurs à vitesse variable, la récupération d'énergie et le chauffage à condensation. Les unités de toit sont dimensionnées selon leur capacité de refroidissement (en kilowatts ou en tonnes), leurs capacités de chauffage nominales étant déterminée en fonction de cette capacité de refroidissement. Il faut apporter une attention particulière aux spécifications des produits afin de déterminer les options de combustion des gaz à haut rendement. Le remplacement des unités

Le Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) a créé un **calculateur comparatif d'unités de toit** (pnnl.gov/uac/costestimator/main.stm [en anglais seulement]), qui permet de comparer l'équipement à haute efficacité avec l'équipement standard relativement au coût du cycle de vie.

Cet outil de calcul en ligne fournit des estimations relatives au coût du cycle de vie, à la période de récupération, au rendement du capital investi et au rapport économies-investissements. Les simulations utilisent des emplacements aux États-Unis pour les conditions météorologiques; cependant, dans le cas des emplacements canadiens ayant les mêmes zones climatiques, l'outil peut fournir une estimation raisonnable de l'analyse coûts-avantages.

PARTIE 1

de toit existantes par une nouvelle génération d'unités avancées procurera de nombreux gains d'efficacité et un confort accru des occupants grâce à un meilleur contrôle. Des percées importantes sur le plan du rendement des unités de toit ont été effectuées depuis 2011. De plus, lorsque vous considérez un remplacement de l'équipement, sa capacité devrait être revue pour s'assurer qu'elle sera appropriée. Voici quelques-unes des caractéristiques offertes par les unités de toit avancées de nouvelle génération :

- boîtiers isolés pour une efficacité énergétique et une acoustique améliorée;
- contrôle du chauffage multiétages ou à modulation avec taux de variation de débit de 10:1;
- chauffage de type à condensation avec AFUE jusqu'à 94 %;
- moteurs de ventilateur à commutation électronique à vitesse variable;
- compresseurs à vis à vitesse variable offrant une efficacité supérieure à charge partielle;
- récupération de chaleur et d'énergie provenant de l'air évacué;
- contrôle de la ventilation selon la demande à l'aide de capteurs de CO_2;
- option de thermopompe;
- SEER jusqu'à 18; IEER jusqu'à 21;
- surveillance à distance de la consommation d'énergie et des opérations.

Eau chaude domestique

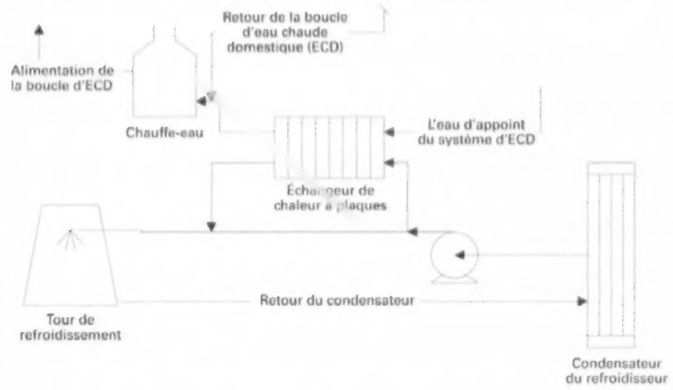
Le chauffage de l'eau domestique représente plus de 10 % de la consommation d'énergie dans les hôpitaux canadiens, une importante charge en comparaison d'autres secteurs. Heureusement, il existe plusieurs possibilités pour faire des économies d'énergie.

Liste des mesures relatives au chauffage et au refroidissement (eau chaude domestique)

- ✓ Installer des aérateurs et des pommes de douche à débit réduit
- ✓ Préchauffer l'eau domestique à l'aide du rejet de chaleur du refroidisseur
- ✓ Préchauffer l'eau domestique à l'aide des refroidisseurs à récupération de chaleur
- ✓ Préchauffer l'eau domestique à l'aide de la technologie de la thermie solaire
- ✓ Remplacer la chaudière ou le chauffe-eau par une unité plus efficace

- **Installer des aérateurs et des pommes de douche à débit réduit :** Les robinets et les pommes de douches à débit réduit permettent de réduire la consommation d'eau chaude. L'installation des appareils sanitaires à consommation d'eau réduite est la mesure la moins coûteuse pour réduire la consommation d'énergie, et les remplacements peuvent être effectués facilement par le personnel d'entretien. Parmi les produits offerts, certains ont des débits aussi faibles que 0,95 l/min pour ce qui est des robinets et 4,7 l/min pour ce qui est des pommes de douche.
- **Préchauffer l'eau domestique à l'aide du rejet de chaleur du refroidisseur :** La récupération de la chaleur des refroidisseurs, comme l'illustre la figure 22, est une option viable pour les hôpitaux, car l'approvisionnement en eau refroidie et en eau chaude domestique est nécessaire à l'année sur une base continue. Plutôt que de payer pour rejeter la chaleur, les hôpitaux peuvent récupérer cette chaleur et profiter de deux avantages : la chaleur récupérée réduit la quantité de chaleur qui doit être achetée (et les coûts associés) et la puissance auxiliaire nécessaire pour rejeter la chaleur. De plus, étant donné que la récupération de chaleur enlève la chaleur de la boucle de rejet de chaleur du refroidisseur (boucle de condensation), moins de chaleur est rejetée à la tour de refroidissement, réduisant ainsi le temps de fonctionnement de son ventilateur.

Figure 22. Récupération de la chaleur du condensateur



Buanderies d'hôpitaux

Dans des conditions normales, l'utilisation d'eau froide pour la lessive — à laquelle on introduit potentiellement de l'ozone pour une efficacité de nettoyage accrue — est souvent recommandée en tant que mesure d'efficacité énergétique dans les grandes buanderies. Cependant, étant donné qu'un des premiers objectifs des buanderies d'hôpitaux est le contrôle des infections, l'utilisation de l'eau froide peut ne pas être acceptable pour tous les linges. Consultez les lignes directrices d'organisations industrielles telles que le Healthcare Laundry Accreditation Council et les Centers for Disease Control and Prevention (CDC) pour en savoir plus sur le traitement des linges.

Les mesures de conservation d'énergie des buanderies d'hôpitaux comprennent les laveuses-essoreuses écoénergétiques avec consommation d'eau réduite et vitesses d'essorage élevées, la récupération de la chaleur des eaux de drainage, les sécheuses avec contrôles de l'humidité par capteurs avancés pour prévenir le surséchage et les dispositifs de récupération de la chaleur d'évacuation de la sécheuse.

Figure 23. Échangeur de chaleur à plaque pour la récupération de chaleur

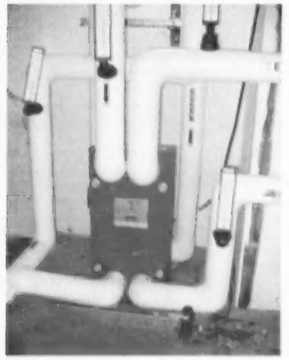


Photo fournie par Claudette Poirier, Vancouver Island Health Authority

L'analyse de la récupération de la chaleur du refroidisseur effectuée par le Pacific Northwest National Laboratory a démontré que les économies d'énergie issues de la récupération de la chaleur de l'eau du condensateur avaient entraîné une période de récupération des coûts d'environ six ans[37].

- **Préchauffer l'eau domestique à l'aide des refroidisseurs à récupération de chaleur :** Lors du traitement de faibles charges de refroidissement, les grands refroidisseurs centrifuges ont un potentiel limité pour récupérer la chaleur, mais les petits refroidisseurs à récupération modulaire de chaleur ou les petites thermopompes à l'eau peuvent fournir de l'eau à 49 °C (120 °F) ou plus tout en produisant simultanément de l'eau refroidie. La chaleur est transférée au moyen d'un échangeur de chaleur à plaques raccordé à la boucle d'eau refroidie ou d'un échangeur de chaleur en acier inoxydable faisant partie du refroidisseur à récupération de chaleur. Des données sont requises pour comprendre le lien entre la charge de refroidissement à l'année d'une installation et sa charge d'eau chaude domestique afin d'évaluer adéquatement la faisabilité de cette mesure.

  En plus de la chaleur rejetée dans la boucle d'eau refroidie directement à partir des diverses zones du bâtiment, la chaleur peut être rejetée dans la boucle à partir du flux d'air évacué. Consultez la mesure de récupération de chaleur hydronique à la phase Amélioration des systèmes de distribution de l'air pour plus de renseignements.
- **Préchauffer l'eau domestique à l'aide de la technologie de la thermie solaire :** Pour ce qui est des hôpitaux situés dans les régions qui ont une disponibilité d'ensoleillement adéquate, les systèmes de chauffe-eau solaire peuvent être conçus pour répondre à la demande d'eau chaude domestique dans une mesure de 50 % à 60 %. Dans certaines régions, cette réponse peut même atteindre près de 80 %.

  Les capteurs solaires pour le chauffage de l'eau domestique se présentent sous deux formes : plats et à tube sous vide.

  Les capteurs plats (figure 24) consistent en un absorbeur en métal peint raccordé à des tuyaux de cuivre où s'écoule l'eau ou un liquide de transfert de chaleur. L'absorbeur et les tuyaux sont encastrés dans un cadre de métal, entouré d'une épaisse couche d'isolant pour aider à retenir la chaleur collectée, et protégés par un panneau de verre, qui crée un espace d'air isolant.

[37] Winiarski, D.W. 2004. *Analysis of IECC2003 Chiller Heat Recovery for Service Water Heating Requirement for New York State*. Pacific Northwest National Laboratory.

Figure 24. Capteurs plats

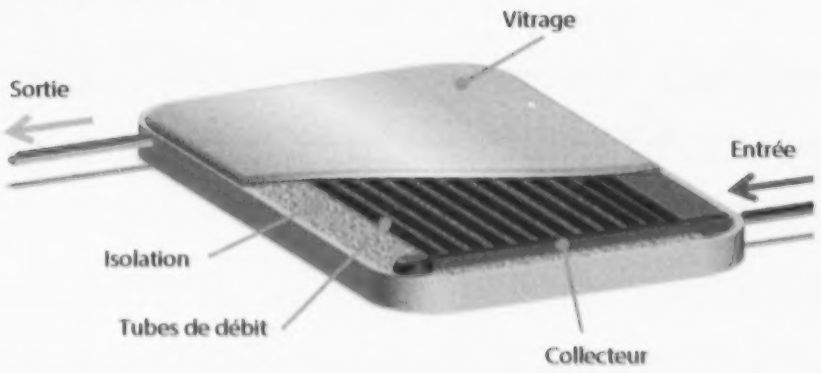


Photo fournie par Claudette Poirier, Vancouver Island Health Authority

Les capteurs à tube sous vide (figure 25) sont les capteurs les plus efficaces offerts sur le marché et fonctionnent bien en présence de températures aussi basses que -40 °C (-40 °F) et par temps couvert. Ils se composent de caloducs entourés de tubes de verre sous vide. Chaque tube fonctionne comme une bouteille isolante, l'espace d'air évacué entourant le caloduc fournissant un isolant presque parfait et offrant un captage de l'énergie solaire hautement efficace dans des conditions de températures d'air extérieur froid. Les tubes individuels peuvent être remplacés au besoin; cependant, ces capteurs peuvent coûter deux fois plus cher par pied carré que les capteurs plats.

Figure 25. Capteurs à tube sous vide

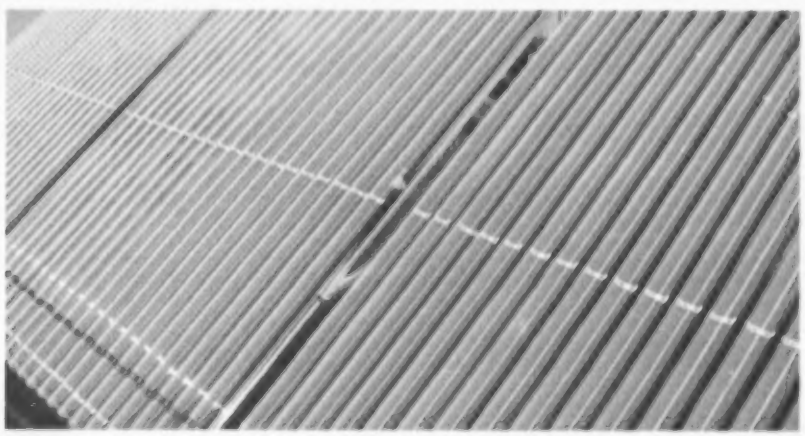


Photo fournie par Claudette Poirier, Vancouver Island Health Authority

PARTIE 1

RETScreen est un outil d'aide à la décision qui peut exécuter les simulations nécessaires pour vous aider à déterminer si un système de chauffe-eau solaire est une bonne option pour votre installation.

Les tubes à vide peuvent coûter autour de 20 % à 40 % plus cher que les capteurs plats. Cependant, le prix à lui seul ne devrait pas servir à déterminer quel capteur choisir. Le rendement à l'année des deux options de capteurs peut être comparé au moyen d'une simulation. Sous les climats froids, le coût par gigajoule de chaleur fournie par les capteurs à tube sous vide reviendra en général moins cher.

- **Remplacer la chaudière ou le chauffe-eau par une unité plus efficace :** Les chaudières et les chauffe-eau de plus de 20 ans fonctionnent à des efficacités situées entre 60 % et 80 %. Ils peuvent être remplacés par de nouvelles unités qui atteignent une efficacité aussi élevée que 95 % dans le cas des systèmes à condensation.

IMPORTANT : La gestion de la Legionella dans les systèmes d'eau chaude et d'eau froide

La bactérie Legionella se trouve fréquemment dans l'eau et peut se multiplier là où les substances nutritives sont disponibles et lorsque les températures se situent entre 20 °C et 45 °C. La bactérie reste dormante sous 20 °C et ne survivra pas au-dessus de 60 °C. La maladie du légionnaire est un type de pneumonie potentiellement fatale, contractée en inhalant des gouttelettes d'eau en suspension dans l'air contenant la bactérie Legionella viable.

Le risque de contracter la bactérie peut être contrôlé au moyen de la température de l'eau. Le stockage de l'eau chaude devrait atteindre au moins 60 °C. L'eau chaude devrait être distribuée à 50 °C ou plus (à l'aide de vannes mélangeuses à trois voies thermostatiques pour prévenir l'ébouillantage). Ces critères de température devraient être respectés au moment de concevoir tout réaménagement à votre système d'eau chaude domestique.

Pour en savoir plus, consultez l'American Society of Plumbing Engineers (ASPE) *2005 Data Book – vol. 2*, chapitre 6, Domestic Water Heating Systems Fundamentals.

PARTIE 1

Ressources naturelles Canada offre plusieurs ressources et conseils pour vous aider à améliorer l'efficacité énergétique de vos bâtiments.

- Guide de recommissioning pour les propriétaires et les gestionnaires de bâtiments
- Guide des pratiques exemplaires en matière de gestion de l'énergie
- Guide sur la formation en gestion de l'énergie
- Améliorer le rendement énergétique de votre bâtiment : Introduction à l'analyse comparative énergétique
- Analyse comparative du rendement énergétique pour les hôpitaux

Pour ces ressources et d'autres, visitez notre site Web au rncan.gc.ca/energie/efficacite/eefb/batiments/13563

Courriel : info.services@rncan-nrcan.gc.ca

Sans frais : 1 877 360 5500

PARTIE 2

UNIVERSITY HEALTH NETWORK : UNE ÉTUDE DE CAS

L'hôpital Toronto General, illustré ci-dessus, est une des nombreuses installations du University Health Network qui a réduit ses coûts grâce à des réaménagements énergétiques.

Photo fournie par le University Health Network

Un centre de soins axé sur le bien-être des patients et de la planète, doté d'une solide approche de marketing social, réduit ses coûts énergétiques et crée un changement de comportement à long terme.

> « Nous sommes passés d'une organisation où les gens avaient l'habitude de laisser les lumières ouvertes à une organisation où ils prennent désormais soin de les éteindre. Nous n'aurions pas réussi à faire des économies d'énergie si nous n'avions pas porté attention à notre culture organisationnelle. »
>
> Kady Cowan, responsable de l'énergie, UHN

Le University Health Network (UHN) comprend les hôpitaux Toronto General, Toronto Western et Princess Margaret, ainsi que le Toronto Rehabilitation Institute (TRI). Combinées, ces installations emploient plus de 13 000 personnes.

Même si ce n'est que depuis tout récemment que les effets des changements climatiques sur la santé reçoivent une attention générale, les répercussions de la consommation d'énergie sur la santé et les changements climatiques font partie depuis longtemps du Système de gestion environnementale (SGE) de l'UHN. Sa stratégie de gestion énergétique, *Operation TLC – Care to Conserve* [Opération soins tendres – attention sur la conservation], combine l'efficacité énergétique du bâtiment, la technologie et une approche de marketing social communautaire (MSC)[38] pour déterminer et mettre en œuvre les mesures d'efficacité énergétique.

S'informer

Entre 2007 et 2010, l'UHN a reçu une subvention de l'Ontario Power Authority par l'entremise du Conservation Fund pour embaucher des experts externes chargés d'effectuer des processus de commissioning de bâtiments existants (CxBE), de procéder à des vérifications énergétiques et de formuler des recommandations.

[38] On a généralement recours au marketing social communautaire pour encourager un comportement plus respectueux de l'environnement. Il définit les obstacles réels et perçus au changement de comportement et offre des solutions pour les surmonter. Consultez **cbsm.com** (en anglais seulement) pour plus de renseignements.

PARTIE 2

Avant cette subvention, toutefois, l'UHN comptait essentiellement sur les données du SGE et les connaissances du personnel pour mettre en œuvre les projets d'efficacité énergétique. « Nous étions une des premières organisations de soins de santé en Amérique du Nord à aborder la durabilité avant que le concept ne devienne populaire, alors nous avons dû développer beaucoup d'outils nous-mêmes », a expliqué Kady Cowan, responsable de l'énergie, ajoutant que les données sur le rendement des bâtiments du réseau remontaient à l'année 2000.

« Nous sommes très chanceux d'avoir un service dédié à la gestion de l'énergie qui travaille avec le personnel, parce que ces gestionnaires d'installations connaissent l'histoire des bâtiments et sont au fait de leurs besoins, a-t-elle affirmé. Nous avons passé des années à développer ces relations, alors nous n'avons pas besoin de les prendre par la main ».

Définir les possibilités et les solutions en matière d'énergie

Des travaux de CxBE et des vérifications énergétiques à l'échelle du bâtiment ont été effectués à tous les sites hospitaliers. Au cours de l'année financière 2013-2014, les travaux de CxBE à eux seuls ont entraîné des économies d'environ 780 000 $.

Des vérifications spécifiques aux systèmes (brûleurs de vapeur, refroidisseurs, enveloppe du bâtiment, consommation d'eau, etc.) ont été effectuées ou sont en cours à tous les sites, et sont prévues sur une base permanente.

Les équipes de l'énergie des sites définissent les mesures potentielles pour la réalisation de futures évaluations, font des analyses de rentabilisation et élaborent des plans d'action.

Le personnel de la gestion de l'énergie et de l'environnement de l'UHN surveille les systèmes et les tendances des bâtiments, vérifient des équipements et des systèmes particuliers et évaluent les technologies émergentes et les théories du changement comportemental ayant le potentiel de stimuler l'efficacité énergétique.

Les facteurs énergétiques et environnementaux sont inclus dans le processus de planification des immobilisations.

Tous les membres de la communauté de l'UHN sont encouragés au moyen d'*Operation TLC* à trouver des possibilités d'efficacité énergétique et à les présenter.

PARTIE 2

Avantages majeurs

- ✓ Un fonctionnement efficace des bâtiments permet de conserver l'énergie et contribue au confort des patients et des employés par l'entremise de températures plus stables, d'une meilleure qualité de l'air intérieur et d'un éclairage amélioré.
- ✓ Les coûts des services publics représentent une partie importante du budget d'exploitation de l'UHN. Les économies de coûts associées aux investissements dans l'efficacité énergétique peuvent servir à répondre aux besoins des patients en matière de soins ou autres besoins des hôpitaux. Les économies d'énergie ont totalisé 2,5 millions de dollars par année.
- ✓ L'efficacité énergétique est importante pour le personnel de l'UHN. La promotion de la gestion de l'énergie aide à harmoniser les valeurs personnelles et organisationnelles et favorise un milieu de travail engagé où les employés sont plus susceptibles de contribuer aux objectifs de gestion de l'énergie de l'UHN.
- ✓ L'optimisation des équipements et des systèmes des bâtiments peut souvent éliminer ou retarder la nécessité de remplacer des composants de l'infrastructure des bâtiments ou d'en ajouter des nouveaux.

Les gens d'abord

L'UHN a reconnu tôt dans le processus que le soutien et les idées de ses employés seraient des éléments clés du succès. « Nous attribuons nos économies d'énergie aux programmes de comportement, parce que sans accorder d'attention à notre culture organisationnelle, nous n'aurions tout simplement pas réussi », a souligné M^{me} Cowan.

L'UHN a choisi de promouvoir l'efficacité énergétique à l'aide d'une approche de MSC. Obtenir un engagement et souligner les efforts sont deux des principaux outils préconisés par cette approche, parce que les études démontrent que les gens qui s'engagent publiquement à poser un geste sont plus susceptibles de le poser et d'accepter d'en poser d'autres ultérieurement. Les employés de l'UHN s'engagent publiquement à agir aux réunions du personnel, et le trophée *Golden Light Switch* (interrupteur d'or) est remis aux services qui ont démontré un engagement en matière d'efficacité énergétique.

Les six employés du service de gestion de l'énergie et de l'environnement de l'UHN sont appuyés par les équipes vertes du réseau, qui comptent plus de 600 membres, et les quelques 130 experts en gestion de l'énergie, recrutés parmi les champions du personnel.

PARTIE 2

Le service offre des formations personnelles sur une variété de sujets à plus de 3 000 employés par année, et tous les nouveaux employés reçoivent une formation en sensibilisation à la consommation d'énergie ainsi que de l'information sur divers sujets environnementaux. « Nous faisons beaucoup de formation individuelle et rencontrons périodiquement toutes les équipes vertes et les experts en gestion de l'énergie, a expliqué M^me^ Cowan. Nous avons standardisé nos réunions afin de trouver un moment officiel où tous les groupes se rassemblent pour discuter des possibilités, des défis et des projets, question que rien ne soit laissé en plan. »

L'UHN offre aussi des modules de cyberapprentissage, en plus d'être très actif sur les médias sociaux. Son blogue *Talkin' Trash* présente des centaines d'articles et de mises à jour sur les initiatives de l'UHN en matière d'énergie et d'environnement. Les employés sont également tenus à jour sur la consommation d'énergie sur une base périodique aux réunions des équipes vertes et au moyen de bulletins trimestriels. Chaque trimestre, des cibles d'efficacité énergétique sont fixées pour chaque installation, et les employés sont encouragés à trouver des façons de les atteindre.

Fermer le volet à guillotine!

Les hottes de laboratoire permettent d'évacuer l'air vicié du laboratoire et d'y faire entrer de l'air frais; il faut de l'énergie pour chauffer, refroidir, humidifier et déshumidifier cet air. L'équipe verte du Toronto Medical Discovery Tower a appris que le fait de fermer le volet des hottes permettait d'économiser de l'énergie. Elle a donc lancé une campagne de changement de comportement pour rappeler aux utilisateurs des laboratoires de fermer le volet à guillotine. La campagne comprenait une présentation de l'orientation, des autocollants de rappel, des vérifications ponctuelles périodiques et le tirage d'une pizza.

Avant le début de la campagne, seulement 47 % des volets des hottes étaient fermés lorsque ces dernières n'étaient pas utilisées. Un mois après le début de la campagne, le taux de conformité avait grimpé à 88 %. À l'intérieur d'une année, le taux avait atteint 95 %!

Éclairage

L'éclairage écoénergétique avec contrôles optimisés est la norme de tous les nouveaux systèmes d'éclairage à l'UHN. Par exemple, à l'hôpital Toronto General, des capteurs d'occupation et de lumière naturelle ont été installés dans les halls d'entrée des ascenseurs, avec un contrôle marche-arrêt sur 10 étages, ce qui a permis de réaliser des économies d'énergie de 30 %.

PARTIE 2

« Des réaménagements d'un espace existant en y installant de nouveaux contrôles est généralement plus difficile que l'installation de ces contrôles dans un nouvel espace, parce que cela exige beaucoup de câblage que nous n'avons pas, affirme Chad Berndt, directeur de projets énergétiques. Au lieu de cela, nous avons utilisé un nouveau système doté de capteurs d'occupation et de lumière naturelle sans fil. Les capteurs communiquent sans fil avec un bloc d'alimentation qui allume ou éteint les lumières. Le système est simple à installer, son coût est relativement bas, et il fonctionne bien. Il est aussi bon de savoir que les piles du capteur durent 10 ans et qu'un voyant clignotera lorsqu'elles devront être remplacées. »

Des réaménagements ont été réalisés ou sont en cours à tous les sites, l'éclairage DEL étant la norme pour la majorité des projets d'immobilisations. Les lampes DEL ayant une durée de vie plus longue, il n'est pas nécessaire alors d'acheter des ampoules aussi souvent, et leur entretien coûte moins cher.

Dans le garage du bâtiment Peter Munk (figure 26), les halogènes et les halogénures métallisés ont été remplacés par des ampoules DEL, réduisant ainsi la consommation d'énergie de 56 %. À environ 5 000 heures, les halogénures métallisés perdront 40 % de leur rendement en lumen, tandis que les DEL n'en perdront que 20 % après 100 000 heures. Dans un garage éclairé 24 heures par jour, c'est plus de 11 ans! Des économies additionnelles sont réalisées du fait que le personnel n'est pas obligé de surveiller le rendement lumineux ni de remplacer les ampoules.

Figure 26. Éclairage de garage avant et après les réaménagements DEL

PARTIE 2

Systèmes de CVCA

Entre autres mesures de réparation et de remplacement, 34 entraînements à vitesse variable seront installés sur les moteurs des ventilateurs d'alimentation, de retour et d'évacuation du Princess Margaret; Toronto Western a quant à lui récemment remplacé son système à débit d'air constant par un nouveau système à débit d'air variable et convertira son système de pompage à l'eau refroidie à vitesse constante par un système à vitesse variable.

Le centre universitaire du TRI est raccordé au système de refroidissement par eaux lacustres profondes d'Enwave (en anglais seulement), qui fournit aussi la climatisation de l'air à des centaines d'autres bâtiments du centre-ville de Toronto. Cela a permis à l'UHN de réduire la quantité d'équipements de CVCA installés sur le site (il n'y a pas de refroidisseurs ni de tours de refroidissement), laissant ainsi plus d'espace aux patients.

« Une quantité beaucoup moins importante d'eau est nécessaire pour climatiser les espaces, grâce au système d'eaux lacustres profondes au lieu d'un système conventionnel de refroidisseurs ou de tours de refroidissement, parce que transférer la chaleur à une eau de lac de 4 °C est plus efficace que d'exécuter un cycle de réfrigération pour transférer la chaleur à l'air extérieur doux, a expliqué Mike Kurz, directeur de projets énergétiques. La consommation d'électricité peut être réduite jusqu'à 90 % par rapport aux systèmes conventionnels de refroidissement. »

Toit et enveloppe

En 2012, un toit blanc a été ajouté à l'hôpital Princess Margaret. Le toit blanc reflète les rayons du soleil, empêche le bâtiment de se réchauffer autant que si ce dernier était doté d'un toit traditionnel et diminue la quantité d'énergie nécessaire pour faire fonctionner le système de conditionnement de l'air.

Eau

Un nouveau programme de traitement de l'eau provenant des tours de refroidissement de l'hôpital Toronto Western — qui font partie du système de refroidissement permettant de climatiser l'hôpital — a permis de réduire la consommation d'eau de plus de 16 000 litres par année, et les coûts d'entretien, de 18 000 $ par année. Le traitement de l'eau sert à prévenir la corrosion de l'équipement, l'accumulation de tartre et la croissance des bactéries, qui peuvent diminuer le rendement de l'équipement, causer de graves dommages et, en ce qui a trait aux bactéries, causer des inquiétudes potentielles pour la santé.

Au centre universitaire du TRI, deux congélateurs-chambres et deux réfrigérateurs-chambres ont été réaménagés afin d'utiliser le système de refroidissement par eau Enwave pour refroidir le réfrigérant du condensateur. S'écoulant par les conduits du bâtiment, l'eau chaude est finalement retournée au système Enwave pour être refroidie à nouveau et réutilisée. La consommation d'eau a été réduite de plus de 2 000 m^3 par année; les économies annuelles atteignent près de 5 650 $, la période de récupération des coûts s'élevant à seulement trois mois.

PARTIE 2

Surveillance

Le SGE de l'UHN utilise un système de surveillance énergétique en temps réel pour faire le suivi de la consommation d'énergie, afin que l'équipement puisse être ajusté pour offrir un rendement optimal. L'utilisation, les coûts et les changements se rattachant aux services publics font aussi l'objet de suivis et de rapports à plusieurs niveaux :

- Les rapports mensuels de la consommation générale et les progrès relativement aux cibles de conservation sont fournis aux cadres des sites et aux directeurs des installations.
- Les rapports mensuels des coûts, détaillant les effets des tarifs des services publics, des conditions météorologiques et des changements en matière de consommation (découlant des efforts de conservation et des nouvelles charges) sont fournis aux cadres des sites et aux équipes des finances de l'UHN.
- Les rapports hebdomadaires de la consommation d'électricité et les progrès relativement aux cibles de conservation sont fournis aux directeurs des installations.
- La consommation d'électricité en temps réel est visible par tout le personnel de l'UHN sur l'intranet de l'organisation.
- La consommation trimestrielle et les progrès relatifs aux cibles de conservation sont consignés dans les tableaux de bord prospectifs de l'UHN.
- La consommation annuelle et la comparaison avec la consommation de l'année précédente font partie du rapport annuel de l'équipe de la gestion de l'énergie et de l'environnement.
- Chaque mois, une liste détaillée des projets énergétiques complétés, en cours et potentiels à l'UHN est mise à jour.

« Nous utilisons beaucoup d'indicateurs de succès adjacents, les choses qui se passent dans les bâtiments qui n'existaient pas avant, par exemple les demandes de rénovations. Ces demandes sont analysées sur le plan de leur incidence énergétique, et l'analyse est ensuite présentée au DPF, au PDG et aux VP, a souligné M^me^ Cowan. Ça n'arrivait jamais avant. Il s'agit d'un revirement culturel évident qui, en fin de compte, a rendu tous nos projets possibles. »

Les figures 27 et 28 montrent les références énergétiques, les cibles et la consommation réelle pour un éventail d'installations du TRI et de l'UHN. La figure 27 montre les données des quatre centres du TRI, dont la superficie totale combinée équivaut à plus de 93 000 m^2 (~1 million pi. ca.). La figure 28 montre les données de cinq établissements hospitaliers et centres de recherche de l'UHN : l'hôpital Toronto General (TGH), l'hôpital Toronto Western (TWH), l'hôpital Princess Margaret (PMH), le Toronto Medical Discovery Tower (TMDT) et le Krembil Discovery Tower (KDT). Ayant une superficie de plus de 214 000 m^2 (~2 millions pi. ca.), l'hôpital Toronto General est la plus grande de ces installations.

PARTIE 2

Figure 27. Operation TLC – Cibles d'économies d'énergie aux installations du TRI

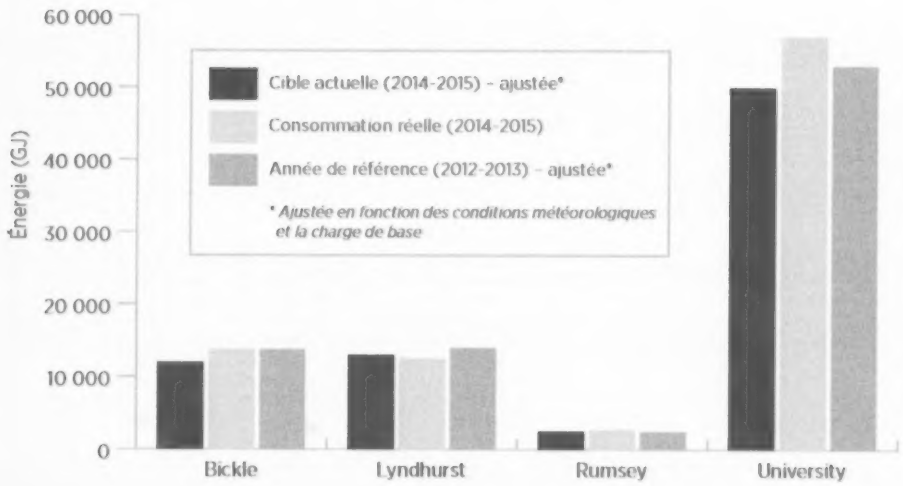
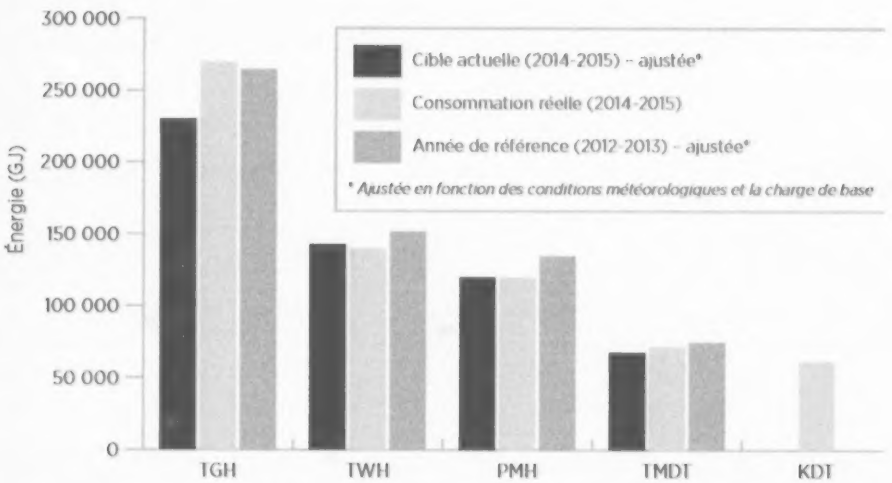


Figure 28. Operation TLC – Cibles d'économies d'énergie aux installations de l'UHN



PARTIE 2

Comment les réaménagements ont-ils été financés?

Des ressources financières étaient disponibles pour incorporer l'efficacité énergétique dans les projets d'immobilisations et de nouvelle conception, et pour embaucher le personnel de l'équipe de gestion de l'énergie. L'UHN a aussi eu recours à des programmes incitatifs, entre autres le Conservation Fund de l'Ontario Power Authority et le programme Embedded Energy Manager de Toronto Hydro.

L'UHN a aussi bâti des relations avec divers intervenants externes, notamment RNCan (pour promouvoir l'équipement homologué ENERGY STAR), la Canadian Coalition for Green Health Care, la Société canadienne d'ingénierie des services de santé, l'Association des hôpitaux de l'Ontario et Practice Greenhealth.

> « Nous menons du cœur de notre organisation. Oui, il est vrai que nos cadres supérieurs montrent leur engagement, mais sans la contribution du personnel de première ligne, nous n'aurions pas de programme. Nous avons trouvé un moyen de rassembler les deux groupes, parce que l'un ne pourrait pas fonctionner sans l'autre. »
>
> Kady Cowan

Défis et conseils

Dans le domaine de la science du bâtiment, l'efficacité énergétique est relativement nouvelle, alors stimuler l'adoption, développer la confiance et réaliser des analyses de rentabilisation sont des défis continus pour l'UHN. « Beaucoup de gens sont réticents à prendre des risques, et leurs priorités sont ailleurs, a souligné M^me^ Cowan. Au cours des années, cependant, nous avons aligné la gestion de l'énergie sur nos priorités organisationnelles, alors les employés doivent y adhérer. »

Cela étant dit, l'UHN a misé sur les connaissances historiques et l'expertise de son propre personnel pour faire la plus grande partie du travail de promotion de l'efficacité énergétique. « Bon nombre d'organisations font intervenir des experts qui n'ont pas nécessairement de lien avec elles », a mentionné M^me^ Cowan.

Les politiques environnementales aident aussi à faire avancer le processus. « Nous avons inscrit les produits recommandés par ENERGY STAR dans notre politique d'achats écologiques, et ils figurent aussi dans nos lignes directrices en matière de construction et de conception, a dit M^me^ Cowan. Notre service de TI a converti la majorité de ses ordinateurs, et nous recommandons les modèles ENERGY STAR lorsque les frigos doivent être remplacés. »

Selon M^me^ Cowan, les solutions technologiques et les économies qui en découlent peuvent s'estomper avec le temps. Après une quinzaine d'années de projets d'efficacité énergétique, bon nombre des initiatives à cibles faciles sont maintenant complétées, et les programmes de changement de comportement de l'UHN aideront à soutenir les solutions technologiques à long terme.

L'UHN s'est aussi penché sur les questions d'autres organisations de soins de santé dans le monde qui souhaitent améliorer l'efficacité énergétique. « Nous sommes dans le domaine des soins de santé, a affirmé M^me^ Cowan. Nous comprenons ce que sont les contraintes et la culture, alors nous pouvons transférer ce savoir. »

3 PARTIE MON INSTALLATION

La section qui suit fournit un résumé des mesures de réaménagement applicables aux hôpitaux sous forme de questionnaire. Cet outil vient compléter ENERGY STAR Portfolio Manager en donnant une orientation sur la façon de fixer des objectifs d'amélioration en fonction de votre cote ENERGY STAR.

Les prochaines étapes appropriées pour votre installation dépendront de votre cote ENERGY STAR :

- Si votre cote est basse, vous êtes probablement un bon candidat pour investir dans des réaménagements majeurs. En effet, des investissements dans des réaménagements majeurs en respectant une approche par phases aura vraisemblablement la plus grande incidence sur vos résultats.
- Si votre cote est moyenne, vous êtes probablement un bon candidat pour investir dans des ajustements. Les possibilités d'ajustement à votre installation peuvent impliquer une combinaison de réaménagements majeurs, des améliorations écoénergétiques moins complexes et des pratiques améliorées sur le plan de l'exploitation et de l'entretien.
- Si votre cote est élevée, vous devriez investir dans son entretien. En plus de maintenir votre rendement en vous concentrant sur l'optimisation continue des bâtiments, vous devriez évaluer périodiquement les possibilités de réaménagement majeur, surtout en ce qui a trait à la gestion de l'actif.

Le **questionnaire** est organisé par :

Phase des réaménagements : Chaque colonne de questions représente une phase précise des réaménagements. Les phases sont présentées de gauche à droite selon l'ordre de l'approche par phases recommandée dans les *Directives sur les réaménagements énergétiques majeurs* de RNCan : Module sur les principes.

Cote ENERGY STAR : Chaque colonne comporte des mesures représentées par des symboles de forme et de couleur uniques :

❑ ENTRETENIR

❍ AJUSTER

◇ INVESTIR

Les installations qui sont de bons candidats pour les investissements devraient considérer toutes les mesures; les installations qui sont de bons candidats pour les ajustements peuvent choisir de concentrer leurs efforts sur les mesures Ajuster ou Entretenir; les installations souhaitant maintenir leur cote peuvent décider de se concentrer principalement sur les mesures Entretenir.

PARTIE 3

Instructions

1. Faites l'analyse comparative de votre installation à l'aide d'ENERGY STAR Portfolio Manager et déterminez votre cote ENERGY STAR.
2. Évaluez la nature des possibilités pour votre installation en répondant au questionnaire par oui, non ou sans objet. Le résultat devrait être une liste des possibilités pertinentes pour votre installation.
3. Consultez les sections du présent module pour en savoir plus sur les mesures pertinentes et confirmer leur applicabilité. Une fois que vous avez examiné ces détails, il se peut que vous trouviez que certaines possibilités ressorties dans cette liste devraient être marquées comme étant sans objet, ou qu'elles ne présentent aucun intérêt pour votre organisation.

Établissement des coûts rattachés aux mesures

Le rendement du capital investi pour des mesures précises varie considérablement en fonction de nombreux facteurs propres à l'installation et à son emplacement. Vous devriez toujours analyser les coûts et les économies en fonction de votre situation particulière. Cependant, les mesures marquées comme étant :

❑ **ENTRETENIR** comportent en général des mesures à faibles coûts avec des périodes de récupération de moins de trois ans.

❍ **AJUSTER** comportent en général des mesures à faibles ou moyens coûts avec des périodes de récupération pouvant aller jusqu'à cinq ans.

◇ **INVESTIR** comportent souvent des mesures de remplacement à coûts élevés. Les périodes de récupération de ces mesures dépassent généralement cinq ans et, dans certains cas, peuvent devoir être justifiées par des travaux associés au renouvellement (p. ex. une amélioration de l'isolation du toit au moment de son remplacement en fin de vie utile). Ces mesures nécessitent dans l'ensemble des analyses financières détaillées pour assurer une bonne analyse de rentabilisation.

Mon installation – Résultats de l'analyse comparative

INTRANTS DE PORTFOLIO MANAGER

Superficie brute : _____

Nombre de travailleurs sur le quart principal : _____

Capacité en lits : _____

Buanderie sur place? _____

% pouvant être chauffé et refroidi : _____

EXTRANTS DE PORTFOLIO MANAGER

Cote ENERGY STAR : _____

IE du site : _____

IE à la source : _____

IE médiane de la propriété : _____

CIBLES

Cote ENERGY STAR ciblée : _____

IE du site ciblée : _____

_____

Figure 29. Interprétation de la cote ENERGY STAR

Adaptation du système d'évaluation du rendement énergétique de l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis.

Hôpital – Questionnaire sur les possibilités

CxBE

- ❑ Le système de traitement de l'air fonctionne-t-il selon un calendrier? [p. 10]
- ❑ Les points de consigne de températures de zone sont-ils abaissés ou rehaussés durant les heures d'inoccupation? [p. 10]
- ❑ Les registres d'air extérieur sont-ils fermés lors du réchauffement matinal durant la saison de chauffage? [p. 10]
- ❑ Une purge matinale est-elle effectuée régulièrement durant la saison de refroidissement? [p. 10]

Amélioration de l'éclairage

Remplacement direct

- ○ Les luminaires à lampe incandescente et au CFL fréquemment utilisés ont-ils été remplacés par des luminaires DEL? [p. 19]
- ○ Les panneaux Sortie à éclairage incandescent ont-ils été remplacés par des panneaux DEL? [p. 19]
- ○ L'éclairage extérieur et des stationnements a-t-il été remplacé par un éclairage DEL? [p. 19]
- ○ Les luminaires fluorescents dans les escaliers et les sorties ont-ils été remplacés par des luminaires DEL? [p. 20]

Réduction des charges supplémentaires

Charges électriques et équipement

- ○ L'équipement est-il éteint lorsqu'il n'est pas requis? [p. 27]
- ○ Des contrôles ont-ils été ajoutés aux distributeurs automatiques? [p. 27]
- ○ De l'équipement ENERGY STAR est-il utilisé, s'il y a lieu? [p. 27]
- ○ L'hôpital a-t-il mis en place un programme de sensibilisation à la consommation d'énergie? [p. 29]
- ◇ Les transformateurs ont-ils été remplacés par des modèles écoénergétiques? [p. 29]
- ◇ Le centre de traitement des données a-t-il été réaménagé? [p. 30]

Amélioration des systèmes de distribution de l'air

- ◇ Est-ce qu'il y a un système de VSD? [p. 43]
- ◇ La capacité des ventilateurs et les moteurs est-elle appropriée? [p. 43]
- ◇ Des EVV ont-ils été ajoutés aux pompes et aux ventilateurs qui ont des charges variables? [p. 45]
- ◇ Les filtres à air existants ont-ils été remplacés par des épurateurs d'air électroniques? [p. 45]
- ◇ La chaleur est-elle récupérée des flux d'air évacué? [p. 46]

Redimensionnement et remplacement des systèmes de chauffage et de refroidissement

Chauffage central

- ◇ Le système de contrôle des chaudières a-t-il été remplacé? [p. 53]
- ◇ Les valves d'étranglement du débit ont-elles été éliminées? [p. 53]
- ◇ Les pompes ont-elles été remplacées par des unités de capacité appropriée? [p. 54]
- ◇ Les pompes des chauffe-eau sont-elles contrôlées par EVV? [p. 54]
- ◇ Un économiseur de cheminée de chaudière a-t-il été installé? [p. 54]
- ◇ De nouveaux brûleurs ont-ils été installés sur les chaudières existantes? [p. 54]

- ❑ Une stratégie de contrôle d'optimisation du démarrage matinal a-t-elle été appliquée au système de CVCA? [p.11]
- ❑ Les calendriers de contrôle de l'éclairage et d'occupation correspondent-ils? [p. 11]
- ❑ L'équipement de traitement de l'air est-il doté d'un économiseur en bon état pour permettre le refroidissement naturel? [p. 11]
- ❑ Les économiseurs à l'eau fonctionnent-ils bien? [p. 12]
- ❑ Le point de consigne de pression statique du système à DAV est-il automatiquement réinitialisé au moyen d'une boucle de rétroaction de contrôle en fonction des zones? [p. 12]
- ❑ Les registres de zone à DAV fonctionnent-ils adéquatement? [p. 12]
- ❑ Est-il possible de réduire les points de consigne minimaux des flux des boîtes à DAV? [p. 13]

- ○ Les interrupteurs muraux installés dans les pièces cloisonnées ont-ils été remplacés par des capteurs d'occupation et d'inoccupation? [p. 20]

Nouvelle conception

- ◇ Les luminaires fluorescents linéaires ont-ils été remplacés par des lampes à haute efficacité et des gradateurs? [p. 22]
- ◇ L'intensité des plafonniers a-t-elle été diminuée et a-t-on fourni aux travailleurs un éclairage localisé DEL? [p. 23]
- ◇ La conception du système d'éclairage maximise-t-elle la lumière naturelle disponible? [p. 23]
- ◇ L'éclairage à deux niveaux en fonction de l'occupation est-il utilisé dans les couloirs et les cages d'escalier? [p. 25]
- ◇ Toutes les options DEL ont-elles été considérées? [p. 25]
- ◇ Un système centralisé de contrôle de l'éclairage a-t-il été installé? [p. 26]

Enveloppe

- ◇ Les problèmes d'infiltration ont-ils été réglés? [p. 32]
- ◇ Un pare-air a-t-il été ajouté ou, s'il y en avait déjà un, amélioré? [p. 34]
- ◇ Les niveaux d'isolation du toit et des murs répondent-ils aux exigences du CNÉB? [p. 35]
- ◇ Les portes et fenêtres ont-elles été améliorées? [p. 36]

- ◇ L'air extérieur est-il préchauffé par un système de chauffage de l'air solaire? [p. 47]
- ◇ Un système de récupération de chaleur hydronique est-il utilisé? [p. 47]
- ◇ Est-ce qu'il y a un système à DRV? [p. 48]
- ◇ Le système de distribution d'air mélangé a-t-il été remplacé par un DOAS [p. 48]
- ◇ Le système de ventilation mixte a-t-il été remplacé par un système de ventilation par déplacement d'air? [p. 49]
- ◇ Les humidificateurs à vapeur ont-ils été remplacés par des humidificateurs à atomisation? [p. 50]

- ◇ Des turbulateurs ont-ils été installés dans les chaudières à tube de fumée? [p. 55]
- ◇ Une nouvelle chaudière à condensation a-t-elle été installée? [p. 55]
- ◇ Une nouvelle chaudière à modulation a-t-elle été installée? [p. 56]
- ◇ Un nouveau système hybride de chaudières a-t-il été installé? [p. 58]
- ◇ Un nouveau système de thermopompe a-t-il été installé? [p. 59]

Refroidissement central

- ◇ Les valves d'étranglement du débit ont-elles été éliminées? [p. 65]
- ◇ Les pompes ont-elles été remplacées par des unités de capacité appropriée? [p. 65]
- ◇ Les pompes du système de refroidissement à l'eau sont-elles contrôlées par EVV? [p. 65]
- ◇ De nouveaux compresseurs ont-ils été installés sur les refroidisseurs existants? [p. 66]
- ◇ Des dispositifs de démarrage progressif à basse tension ont-ils été installés sur les refroidisseurs non contrôlés par EVV? [p. 66]

Hôpital – Questionnaire sur les possibilités (suite)

CxBE

- ❑ Les capteurs du système de contrôle automatique de bâtiment ont-ils été calibrés récemment? [p. 13]
- ❑ Les systèmes de ventilation des salles d'opération ont-ils été calibrés pour les modes d'occupation et d'inoccupation? [p. 13]
- ❑ Le chauffage et le refroidissement simultanés ont-ils été minimisés? [p. 14]
- ❑ A-t-on procédé à la vérification des purgeurs de vapeur? [p. 14]
- ❑ S'est-on assuré que l'équipement de la cuisine est éteint en dehors des heures d'opération? [p. 14]
- ❑ A-t-on réparé l'isolation endommagée des conduits ou remplacé celle qui est manquante? [p. 15]
- ❑ Les chaudières multiples ont-elles été mises en séquence pour fonctionner plus efficacement? [p. 15]

Amélioration de l'éclairage

Réduction des charges supplémentaires

Amélioration des systèmes de distribution de l'air

Redimensionnement et remplacement des systèmes de chauffage et de refroidissement

- ◇ Les vieux refroidisseurs d'efficacité standard ont-ils été remplacé par des systèmes de refroidissement à l'eau à haute efficacité de capacité appropriée? [p. 66]
- ◇ Des économiseurs à l'eau ont-ils été installés pour permettre aux tours de refroidissement de produire un refroidissement naturel lorsque les conditions météorologiques le permettent? [p. 67]

Unités de toit

- ◇ Le système à DAC a-t-il été converti en système à DAV avec contrôle selon la demande et un économiseur? [p. 70]
- ◇ Des contrôleurs de compresseurs ont-ils été installés sur les unités de toit pour réduire le temps de fonctionnement? [p. 71]
- ◇ Un registre d'économiseur a-t-il été ajouté? [p. 71]
- ◇ Un dispositif de récupération de chaleur ou d'énergie a-t-il été ajouté? [p. 71]
- ◇ Les unités de toit âgées ont-elles été remplacées par de nouvelles unités à haute efficacité? [p. 71]

Mesures par type d'espace

Les complexes hospitaliers peuvent présenter diverses mesures propres à différents types d'espace. En voici quelques-unes :

Laboratoires

- ◇ Les systèmes de traitement de l'air des laboratoires ont-ils été convertis en systèmes d'air d'appoint à débit variable? [pp. 41, 70]
- ◇ Un dispositif de récupération de chaleur ou d'énergie est-il utilisé? [p. 46]
- ❑ Les volets à guillotine des hottes sont-ils fermés lorsque ces dernières ne sont pas utilisées? [pp. 46, 81]

Système central

- ◇ Des chaudières supplémentaires pour les périodes estivales ont-elles été ajoutées? [p. 55]
- ◇ Les possibilités de cogénération ont-elles été explorées? [p. 57]

Buanderie

- ◇ Des laveuses-essoreuses écoénergétiques ont-elles été installées? [p. 73]
- ◇ Des sécheuses avec contrôles de l'humidité par capteurs avancés ont-elles été installées? [p. 73]
- ◇ Un dispositif de récupération de la chaleur d'évacuation des sécheuses a-t-il été ajouté? [p. 73]
- ○ Un dispositif de récupération de la chaleur des eaux de drainage a-t-il été ajouté? [p. 73]

- ❑ A-t-on mis en place une stratégie de contrôle de la réinitialisation du chauffage de l'eau? [p. 15]
- ❑ Les refroidisseurs multiples ont-ils été mis en séquence pour fonctionner plus efficacement? [p. 15]
- ❑ A-t-on mis en place une stratégie de contrôle de la réinitialisation du refroidissement de l'eau? [p. 15]
- ❑ A-t-on mis en place une stratégie de contrôle de la réinitialisation de l'eau du condensateur? [p. 15]
- ❑ Tire-t-on pleinement profit des tours de refroidissement? [p. 16]
- ❑ A-t-on optimisé la purge de la chaudière et le contrôle de l'air de combustion? [p. 16]

Défis à relever par les complexes hospitaliers

- ◇ Des compteurs individuels de bâtiments ont-ils été installés? [p. 4]

Cuisine

- ◇ Un système à VSD a-t-il été installé? [p. 44]
- ◇ Un système de génération de vapeur à point d'utilisation a-t-il été installé? [p. 52]
- ❑ S'assure-t-on d'éteindre l'équipement de la cuisine en dehors des heures d'opération? [p. 14]
- ○ De l'équipement ENERGY STAR est-il utilisé, s'il y a lieu? [p. 27]

Stationnement

- ○ L'éclairage des stationnements a-t-il été remplacé par un éclairage DEL? [pp. 19, 82]
- ○ Un système à VSD utilisant des capteurs de CO a-t-il été installé? [p. 43]

Eau chaude domestique

- ○ Des aérateurs et des pommes de douche à débit réduit ont-ils été installés? [p. 73]
- ◇ L'eau est-elle préchauffée à l'aide du rejet de chaleur du refroidisseur? [p. 73]
- ◇ L'eau est-elle préchauffée à l'aide de refroidisseurs à récupération de chaleur? [p. 74]
- ◇ L'eau est-elle préchauffée à l'aide de capteurs solaires à conversion thermique? [p. 74]
- ◇ Les chaudières à eau chaude ou les chauffe-eau ont-ils été remplacés par des unités à haut rendement? [p. 76]